

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Dražen Šenjug

Zagreb, 2012.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica, dipl. inž.

Student:

Dražen Šenjug

Zagreb, 2012

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Student: **Dražen Šenjug** Mat.br.: 0035153841

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza proizvodnog procesa u tvornici valovite ljepenke**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the production process in the factory of corrugated cardboard**

Opis zadatka:

Valoviti je karton čest ambalažni materijal, pa se uobičajeno proizvodi u specijaliziranim proizvodnim sustavima, u velikim količinama.

U radu je potrebno:

1. opisati valoviti karton, njegovu namjenu i proces proizvodnje,
2. detaljno opisati proizvodni sustav u kojemu se valoviti karton proizvodi,
3. kritički se osvrnuti na trenutačno stanje i naznačiti mogućnosti unapređenja, posebno sa stajališta optimiranja tokova materijala uporabom prikladnijih transportnih sredstava.

Zadatak zadan:

4.listopada 2012.

Rok predaje rada:

6. prosinca 2012.

Predviđeni datum obrane:

12. – 14. prosinca 2012.

Zadatak zadao:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr.sc. Franjo Cajner

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici na stručnoj pomoći i savjetima koje mi je pružio prilikom izrade rada.

Zahvaljujem bratu koji mi je, kao voditelj održavanja tvornice Valoviti papir Dunapack d.o.o., omogućio pristup informacijama potrebnim za izradu rada.

Na kraju, zahvaljujem roditeljima i supruzi na podršci i razumijevanju tokom cijelog studija.

Dražen Šenjug

SAŽETAK

U radu je analiziran proizvodni proces u tvornici valovitog kartona. Za analizu je odabrana tvornica Valoviti papir Dunapack d.o.o. u Zaboku. Proizvodnja valovite ljepenke obavlja se u specijaliziranim proizvodnim sustavima i u velikim količinama, a takvi sustavi uvijek imaju potencijal za unapređivanje. Dan je opis ambalaže i valovitog kartona, koji je jedan od najzastupljenijih ambalažnih materijala danas, zahvaljujući dobrim svojstvima i maloj masi. Nadalje, dan je opis tvornice Valoviti papir Dunapack d.o.o. i prikazan proizvodni program tvrtke. Opisan je proces proizvodnje i dan detaljan prikaz svih glavnih i sporednih proizvodnih strojeva. Nakon toga, dan je opis trenutnog stanja transportnog sustava, s opisom transportnih sredstava i izračunom cijene eksploatacije trenutnih sredstava. Predložena je i instalacija novog proizvodnog stroja koji bi upotpunio proizvodne kapacitete. U posljednjem poglavlju rada dani su koncepti novog – konvejskog – transportnog sustava koji bi zamijenio viličare. Za prikaz komponenti korištenih u predloženim konceptima koristili su se CAD modeli izrađeni programskim alatom CATIA V5. Isto tako, dan je izračun ušteda u usporedbi s trenutnim sustavom i naposljetku izračun uštede električne energije pravilnog podešavanja rada konvejera. Kroz rad je prikazano i u zaključku obrazloženo da je instalacija konvejskog transportnog sustava dugoročno mnogo isplativija od korištenja viličara. Investicijski troškovi su mnogo veći, ali se nadoknade kroz nekoliko godina zbog mnogo niže cijene eksploatacije.

SADRŽAJ

ZADATAK.....	1
IZJAVA.....	2
SAŽETAK.....	3
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA.....	5
POPIS SLIKA.....	6
POPIS TABLICA	8
1. UVOD.....	9
2. PAKIRANJE I AMBALAŽA.....	11
2.1. Općenito o ambalaži [1,16].....	11
2.2. Valovita ljepjenka	13
2.3. Proizvodnja valovite ljepenke i ambalaže.....	16
3. VALOVITI PAPIR DUNAPACK d.o.o.	20
3.1. Općenito [3]	20
3.2. Proizvodni program [3].....	23
3.3. Lokacija	27
3.4. Konkurencija.....	28
3.5. Odnos prema konkurenciji.....	29
3.6. Ekologija [3]	29
4. PROCES PROIZVODNJE I STROJEVI.....	31
4.1. Proces proizvodnje.....	31
4.2. Strojevi i uređaji.....	37
4.2.1. Korugator [3 i 4].....	38
4.2.2. Bobst 160S [3 i 4].....	46
4.2.3. Bobst–Omega 1600 [3 i 4]	50
4.2.4. Martin 924 [3 i 4]	52
4.2.5. Linija za pakiranje Mosca [4]	54
4.2.6. Ostali uređaji [3 i 4]	55
4.2.7. Transportna sredstva [3 i 4].....	57
4.3. Tok materijala	60
5. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA PROIZVODNOG PROCESA.....	66
5.1. Konvejeri i prostor odlaganja.....	66
5.2. Analiza postojećih transportnih sredstava.....	70
5.3. Predviđanje cijene eksploatacije konvejerskog transportnog sustava.....	73
5.4. Uvođenje novog stroja za preradu kartonskih ploča	78
6. KONCEPTI NOVOG TRANSPORTNOG SUSTAVA	83
6.1. Koncept s trakastim konvejerima.....	83
6.2. Koncept s valjkastim konvejerima.....	90
6.3. Smanjenje troškova eksploatacije konvejerskih sustava [13]	93
6.3.1. Troškovi	93
6.3.2. Operacijska analiza	94
6.3.3. Primjer izračuna uštede	99
7. ZAKLJUČAK.....	102
8. LITERATURA	105

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Jedinica	Opis
α, β	°	Kut nagiba jarbola viličara
b	mm	Širina viličara
b_v	mm	Širina vilica
c	mm	Centar tereta viličara
C_{god}	kn	Godišnja cijena eksploatacije konvejskog sustava
c_{el}	kn/kWh	Cijena električne energije
d_s	mm	Udaljenost senzora prethodnog konvejera do promatranog konvejera
E_0	kWh	Energija potrebna za pokretanje neopterećenog konvejera
E_{02}	kWh	Energija odgode isključivanja konvejera
E_{03}	kWh	Energija rada praznog konvejera nakon istovara
E_p	kWh	Energija pokretanja konvejera
E_t	kWh	Energija potrebna za transport tereta
E_u	kWh	Ušteda energije
h	mm	Maksimalna visina jarbola
h_t	mm	Visina dizanja tereta
l	mm	Ukupna duljina viličara
L		Omjer opterećenja i maksimalne snage motora
L_k	mm	Duljina konvejera
L_t	mm	Duljina tereta
η_m	%	Stupanj iskoristivosti elektromotora
P_m	kW	Snaga elektromotora
P_0	kW	Snaga potrebna za pokretanje neopterećenog konvejera
P_p	kW	Snaga pokretanja konvejera
Q	kg	Nosivost viličara
t_2	s	Vrijeme između dva komada tereta na konvejeru
t_{god}	h	Radni sati u jednoj godini
t_r	s	Vrijeme rada konvejera
t_s	s	Vrijeme pokretanja konvejera
t_t	s	Vrijeme transporta tereta na konvejeru
T_{god}	kn	Godišnji troškovi električne energije za konvejski sustav
v_k	m/s	Brzina konvejera

POPIS SLIKA

Slika 1. Funkcije ambalaže.....	11
Slika 2. Razine ambalaže	13
Slika 3. Oblik valovite ljepenke	14
Slika 4. Vrste ljepenke	16
Slika 5. FEFCO 0201 šablona	16
Slika 6. Usporedba proizvodnih količina u Europi (2010.-2011.)	19
Slika 7. Ustroj Prinzhorn grupe	20
Slika 8. Valoviti papir Dunapack d.o.o.	21
Slika 9. Korugator	23
Slika 10. Troslojne ploče.....	24
Slika 11. Peteroslojna BC ploča	24
Slika 12. Transportne kutije	25
Slika 13. Štancana ambalaža	25
Slika 14. Stalaže i izlošci.....	26
Slika 15. Višebojni tisak.....	26
Slika 16. Kaširana ambalaža	27
Slika 17. Balirani otpad	30
Slika 18. Razvrstani otpad.....	30
Slika 19. Proces proizvodnje	31
Slika 20. Sirovine i energija	32
Slika 21. Pretvorba sirovine	33
Slika 22. Pretvorba valovite ljepenke.....	34
Slika 23. Unutarnji transport	35
Slika 24. Skladištenje	36
Slika 25. Tlocrt tvornice.....	37
Slika 26. Funkcionalna shema korugatora	39
Slika 27. Pozicija nosača roli	39
Slika 28. Nosač roli	40
Slika 29. Pozicija uređaja za stvaranje valova	40
Slika 30. Funkcionalna shema uređaja za izradu valova.....	41
Slika 31. Dvoslojna ljepenka.....	41
Slika 32. Valjci za korugiranje	41
Slika 33. Pozicija predgrijača.....	42
Slika 34. Pozicija jedinice za lijepljenje.....	42
Slika 35. Pozicija double facer uređaja	42
Slika 36. Slitter – scorer uređaj	43
Slika 37. Pozicija slitter-scorer uređaja.....	43
Slika 38. Uređaj rotary shear s noževima.....	44
Slika 39. Pozicija uređaja rotary shear	44
Slika 40. Sustav za slaganje ploča.....	44
Slika 41. Sustav za paletizaciju	45
Slika 42. Bobst SPO 160S.....	47
Slika 43. Regal s alatima	47
Slika 44. Alat za uređaj Bobst 160S.....	48
Slika 45. Dynabreak 160-A.....	48
Slika 46. Ulagač Midline 924.....	49
Slika 47. Uređaj za presavijanje i lijepljenje.....	50
Slika 48. Funkcionalna shema <i>folder-gluer</i> uređaja.....	51

Slika 49. Pretvorba materijala na stroju Bobst-Omega	51
Slika 50. Bobst-Martin bojanici	52
Slika 51. Ljepilica-savijačica	53
Slika 52. Brojač-izbacivač.....	53
Slika 53. Mosca Uatri 1600.....	54
Slika 54. Mosca linija za pakiranje	54
Slika 55. Viličar Hyster H2.0FTS	57
Slika 56. Viličar Jungheinrich DFG500	59
Slika 57. Kliješta za transport namotaja papira	59
Slika 58. Tok materijala	61
Slika 59. Dijagram toka materijala.....	63
Slika 60. Trakasti konvejer prilikom instalacije.....	65
Slika 61. Prostor za transportni sustav	67
Slika 62. Primjer trakastog prijelaznog sustava [14].....	68
Slika 63. Prikaz tvornice s automatiziranim transportnim sustavom [15]	69
Slika 64. Putanja viličara u prostoru međuoperacijskog odlaganja	71
Slika 65. Tračno vozilo za prijevoz paleta	74
Slika 66. CAD model trakastog konvejera.....	75
Slika 67. Detalj trakastog konvejera	75
Slika 68. Bobst FFG 924 FP.....	79
Slika 69. Tlocrt tvornice nakon postavljanja novog stroja.....	81
Slika 70. Koncept 1 – transport trakastim konvejerom	83
Slika 71. Detalj koncepta 1 – tračno vozilo	84
Slika 72. Detalj koncepta 1 - valjkasti konvejer za promjenu smjera	85
Slika 73. Detalj koncepta 1 – područje rada viličara.....	86
Slika 74. Koncept 2	90
Slika 75. Promatrani konvejer	94
Slika 76. Dijagram potrošnje energije.....	96
Slika 77. Dijagram potrošnje energije s odgodom isključivanja.....	97
Slika 78. Dijagram potrošnje energije za kontinuirani mod.....	98
Slika 79. Karakteristike promatranog konvejera.....	99

POPIS TABLICA

Tablica 1. Parametri valova.....	15
Tablica 2. FEFCO godišnji podaci proizvodnje valovite ljepenke za Hrvatsku	17
Tablica 3. Udjeli proizvodnje valovite ljepenke u Hrvatskoj i Europi, po sektorima.....	18
Tablica 4. Udio proizvoda prema broju boja, podaci za Hrvatsku	19
Tablica 5. Potrošnja sirovina u Valovitom papiru Dunapack d.o.o. u pet mjeseci 2012. Godine	21
Tablica 6. Potrošnja električne energije u Valovitom papiru Dunapack d.o.o. u četiri mjeseca 2012. godine	22
Tablica 7. Potrošnja plina.....	22
Tablica 8. Potrošnja Ekstra lakog lož ulja LUEL-30	22
Tablica 9. Potrošnja vode	22
Tablica 10. Osnovni podaci o korugatoru	38
Tablica 11. Ostali uređaji	56
Tablica 12. Podaci viličara Hyster H2.0FTS.....	58
Tablica 13. Podaci viličara Jungeinrich DFG500	60
Tablica 14. Matrica toka materijala, intenzivnosti u x/y/z, mjesečno	64
Tablica 15. Troškovi eksploatacije viličara.....	73
Tablica 16. Usporedba cijene viličara i konvejskog sustava.....	77
Tablica 17. Komponente stroja Bobst FFG 924 FP	80
Tablica 18. Karakteristike stroja Bobst FFG 924 FP	81
Tablica 19. Intenzitet toka materijala nakon uvođenja novog stroja (x/y/z, mjesečno).....	82
Tablica 20. Komponente koncepta 1 – transport trakastim konvejerom.....	87
Tablica 21. Investicijski i eksploatacijski troškovi koncepta 1	88
Tablica 22. Prikaz komponenti transportnog sustava koncepta 1	89
Tablica 23. Komponente koncepta 2.....	91
Tablica 24. Investicijski i eksploatacijski troškovi koncepta 2	91
Tablica 25. Prikaz komponenti transportnog sustava koncepta 2	92
Tablica 26. Podjela troškova	93
Tablica 27. Parametri motora	99

1. UVOD

Ovaj rad se bavi analizom proizvodnog procesa u tvornici valovite ljepenke, a posebno mogućnostima unaprjeđenja unutarnjeg transporta materijala. Valovita ljepenka je jedan od najzastupljenijih ambalažnih materijala danas koji se koristi za izradu transportne i prodajne ambalaže. Valovita ljepenka se sastoji od tri do sedam slojeva i proizvodi se u različitim debljinama.

Primjer tvornice u kojoj se realiziraju velike proizvodne količine valovite ljepenke, sa zanimljivim proizvodnim procesom je tvrtka Valoviti papir Dunapack d.o.o. Za proizvodnju valovite ljepenke se koristi korugator, stroj sastavljen od mnogo komponenti, a duljine do stotinu metara. U tvornici Valoviti papir Dunapack d.o.o. se koriste i strojevi za daljnju preradu valovite ljepenke koji obrađuju ploče valovite ljepenke i pretvaraju ih u gotove proizvode.

Glavni zadatak transportnog sustava u proizvodnji je ostvarivanje tokova materijala, gdje se pod materijalom razumijevaju sirovine, poluproizvodi i proizvodi. U procesu proizvodnje jedino operacije obrade i montaže dodaju vrijednost materijalu tako da se transport, iako nužan za proizvodnju, mora, gdje god je to moguće, minimizirati ili eliminirati.

U tvornici kao što je Valoviti papir Dunapack d.o.o. od velikog je značaja identifikacija i rješavanje problema transportnih sustava koje vode usavršavanju proizvodnog procesa, smanjenju troškova proizvodnje i postizanju više razine produktivnosti.

Trenutni transportni sustav u tvornici Valoviti papir Dunapack d.o.o. sastoji se od viličara i automatiziranog sustava za paletizaciju. Viličari obavljaju sve aktivnosti vezane uz transportiranje paleta kroz proizvodni sustav. Oni se koriste za transport kartonskih ploča do prostora u tvornici gdje se palete s pločama privremeno odlažu dok čekaju na danju obradu. Odavde viličari transportiraju palete do proizvodnih strojeva, a nakon obrade viličari transportiraju palete do stroja za pakiranje i skladište finalnih proizvoda. Uvođenjem novog transportnog sustava uklonila bi se potreba za paletiziranjem kartonskih ploča i samim time potreba za velikim brojem paleta. Smanjenjem broja paleta bi se smanjio i broj pojedinačnih transporta što bi znatno pridonijelo upravljivosti (sada ponekad i kaotičnog) procesa

transporta viličarima. Također bi se smanjio i prostor za međuoperacijsko odlaganje u proizvodnoj hali.

Automatizirani sustav za paletizaciju sastoji se od nekoliko trakastih konvejera i tračnog vozila. Taj sustav je instaliran prošle godine i potpuno je automatiziran, s mogućnošću prebacivanja na ručno upravljanje¹.

Unaprjeđivanjem transportnog sustava stvorile bi se osnove za postizanje višeg stupnja automatizacije i smanjili troškovi proizvodnje valovite ljepenke. U tu svrhu će se izložiti koncepti transportnih sustava sastavljenih od konvejera koji bi zamijenili viličare i time smanjili troškove proizvodnje valovite ljepenke.

¹ Ručno upravljanje se koristi u slučaju problema s korugatorom ili viličarima.

2. PAKIRANJE I AMBALAŽA

2.1. Općenito o ambalaži [1,16]

Pakiranje je koordinirani proces pripreme dobara za prijevoz, raspodjelu, skladištenje, prodaju i uporabu. Proces pakiranja uključuje umetanje proizvoda u zaštitnu ambalažu, umetanje dodatnih ambalažnih materijala te zatvaranje pakovanja. Ambalaža je bilo koja tvorevina u kojoj se nalazi proizvod.

Prva i osnovna funkcija pakiranja je funkcija sadržavanja. Velika raznolikost fizičkih oblika proizvoda uvjetuje upotrebu velikog broja ambalažnih materijala i oblika. Proizvodi mogu biti u obliku tekućine, plina, praška, granulata, pojedinačnih komada, paste, krute tvorevine, itd. Svaki fizički oblik proizvoda zahtjeva određenu vrstu ambalaže. Tako se za izradu ambalaže koriste drvo, papir, karton, valovita ljepjenka, metali, polimerni materijali, staklo, itd. Ambalaža mora biti oblikovana tako da odgovara proizvodu koji se pakira, a isto vrijedi i za izbor ambalažnog materijala. Za tekućine se koristi staklo i polimerni materijali. Za praškove i granulate se mogu koristiti razni polimerni i metalni materijali, dok je za pojedinačne proizvode moguće koristiti i ostale ambalažne materijale. Slika 1. prikazuje funkcije ambalaže.



Slika 1. Funkcije ambalaže

Sljedeća funkcija je zaštitna funkcija. Ovdje se radi o zaštiti od mehaničkih naprezanja, klimatskih utjecaja, elektromagnetskog zračenja, topline, mikroorganizama, itd. Ambalaža s dobro realiziranom zaštitnom funkcijom mora zaštititi proizvod od bilo kojeg vanjskog utjecaja koji bi mogao prouzročiti bilo kakve promjene proizvoda. Potreba zaštite proizvoda se proteže od trenutka pakiranja, preko transporta do skladištenja te naposljetku uporabe.

Skladišno-transportna funkcija se odnosi na racionalno korištenje skladišnog i transportnog prostora. Realizacija ove funkcije ovisi o usklađenosti dimenzija i oblika ambalaže s oblikom i dimenzijama zapakiranog proizvoda. Općenito, ambalaža kvadratnog oblika bolje iskorištava prostor dok ambalaža nepravilnog ili valjkastog oblika ostavlja i do 20% neiskorištenog prostora. Isto tako, poželjno je da su dimenzije ambalaže usklađene s dimenzijama palete koja je najčešći element transportne ambalaže.

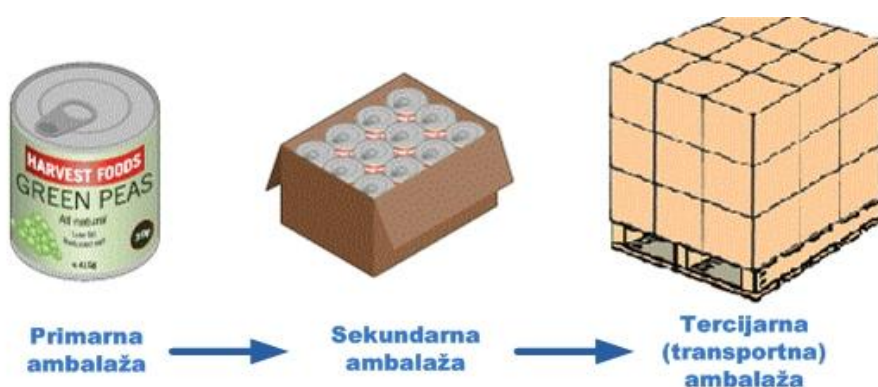
Ambalaža svojim dizajnom mora zadovoljavati i prodajnu funkciju. Ovdje se govori o racionalizaciji prodaje i prenošenju svih informacija kupcu. Proizvod se treba pakirati u količinama primjerenim za prodaju što ovisi o vrsti kupaca, vrsti prodavaonice, trajnosti proizvoda, itd. Isto tako, potrebno je da ambalaža privuče kupca, stvori povjerenje i povoljan opći dojam i time razvije zainteresiranost kupca u vrlo kratkom vremenu te ga time potakne na kupnju. U današnje vrijeme prodajna ambalaža zamjenjuje ulogu prodavača što znači da ambalaža mora sadržavati sve potrebne informacije o proizvodu. U prodajnu funkciju ambalaže spada i osiguravanje kvalitete i količine proizvoda, te jamstvo da proizvod nije otvaran.

Uporabna funkcija ambalaže se odnosi na mogućnost lakog otvaranja pakovanja, brzu pripremu za uporabu, lakog uzimanja potrebne količine i ponovnog zatvaranja, ako se proizvod ne troši odjednom. Izvedba ambalaže za zadovoljavanje ove funkcije ovisi o ambalažnom materijalu. Ambalaže od papira, kartona, polimernih i metalnih folija se lako otvaraju kidanjem, dok se metalna i staklena ambalaža teže otvara i ponekad zahtijeva upotrebu specijalnih pomagala.

Ekološka funkcija ambalaže je u posljednjih 20-ak godina postala važan aspekt kod dizajniranja ambalaže kao posljedica brige za zaštitnu okoliša. Ova funkcija se realizira korištenjem recikliranih materijala, uporabom povratne ambalaže, smanjivanjem broja omota, prodajom većeg broja jedinica u skupnoj ambalaži te naposljetku upotrebom biorazgradive i

jestive ambalaže. Donosi se sve više propisa vezanih uz gospodarenje ambalažnim otpadom pa je logično smanjiti isti koliko god je moguće.

Ambalažu je moguće kategorizirati i prema razini funkcije pa tako imamo primarnu, sekundarnu i tercijarnu ambalažu. Primarna je ona koja je u kontaktu s proizvodom i obično je ona najmanja jedinica pakiranja. Sekundarna ambalaža je skupna ambalaža koja sadržava određeni broj primarnih ambalaža. Tercijarna ambalaža sadržava više sekundarnih ambalaža i koristi se za transport i skladištenje. Najčešće se ovdje radi o paletama standardiziranih dimenzija koje se prevoze u kontejnerima ili kamionima. Slika 2. prikazuje razine ambalaže.



Slika 2. Razine ambalaže

2.2. Valovita ljepenka

Valovita ljepenka je jedan od najzastupljenijih ambalažnih materijala zahvaljujući dobrim svojstvima, mogućnostima oplemenjivanja i niskoj cijeni. To je ambalažni materijal sastavljen od više slojeva međusobno slijepljenih papira od kojih su neki valoviti, a neki ravni. Patentiran je u Velikoj Britaniji 1856. godine. Svojstva valovite ljepenke ovise o vrsti papira, veličini i koraku vala te o vrsti i kvaliteti ljepila. Općenito se može reći da valovita ljepenka ima dobra mehanička svojstva u odnosu na svoju masu i cijenu. Nedostaci valovite ljepenke, kao i ostalih kartonskih materijala su poroznost, higroskopsnost te propustljivost na kisik, ugljikov dioksid i vodenu paru. Valovita ljepenka se koristi za izradu prodajne i transportne ambalaže čime se nalazi u gotovo svakoj grani industrije. Posljednji podaci govore da se 40 % ambalaže proizvedene iz valovite ljepenke koristi za pakiranje hrane [2].

Prema broju slojeva papira valovita ljepenka se dijeli na nekoliko vrsta:



- Dvoslojna ljepenka se sastoji od dva sloja, jednog ravnog i jednog valovitog. Lako se savija, koristi se za zamatanje roba osjetljivih na mehanička naprezanja



- Troslojna ljepenka se sastoji od dva sloja ravnog papira i jednog valovitog. Upotrebljava se za izradu transportnih i prodajnih kutija.



- Peteroslojna je izrađena od tri ravna sloja i dva valovita. Najčešće se radi s valom A ili B ili jedan od dva vala u kombinaciji s valom C. Upotrebljava se za izradu transportnih kutija većih dimenzija.



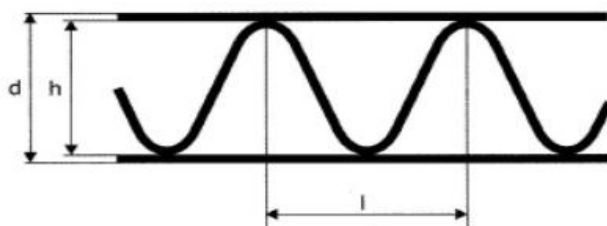
- Sedmeroslojna ljepenka se sastoji od četiri ravna sloja i tri valovita. Ima mehanička svojstva poput drva.

Slika 3. prikazuje oblik valovite ljepenke, pri čemu su:

d - debljina ljepenke, mm

h - visina valova, mm

l - korak valova, mm.



Slika 3. Oblik valovite ljepenke

Tablica 1. prikazuje vrste valova koji se proizvode i njihove parametre.

Tablica 1. Parametri valova

Vrsta valova	Korak, mm	Visina, mm
K	11,7	6,0
A	8,0 do 9,5	4,0 do 4,8
C	6,8 do 7,9	3,2 do 3,9
B	5,5 do 6,5	2,2 do 3,0
D	3,8 do 4,8	1,9 do 2,1
E	3,0 do 3,5	1,0 do 1,8
F	1,9 do 2,6	0,6 do 0,9
N	1,6 do 1,8	0,4 do 0,6
G	1,8	0,55
O	1,3	0,3

U praksi se najčešće proizvode valovi A, B, C i E (mikroval) dok se ostali rjeđe koriste.

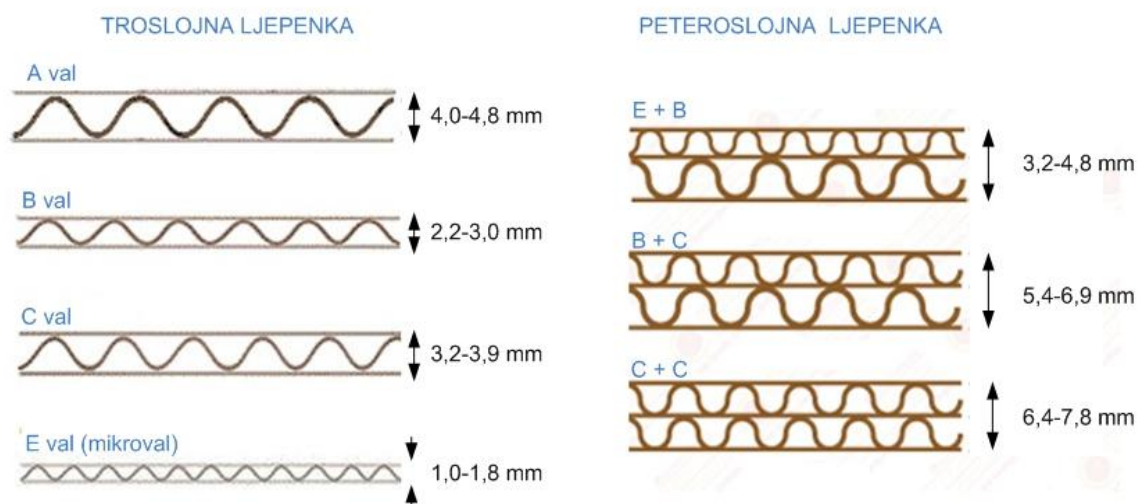
Val A ima relativno malu čvrstoću na tlak, ali najbolje ublažava dinamička opterećenja koja djeluju okomito na površinu ljepenke. Istovremeno, ljepenke s ovim valom imaju najveću čvrstoću na savijanje, izvijanje i probijanje.

Val B ima veću čvrstoću na tlak, ali slabije amortizira dinamička opterećenja. Čvrstoća na savijanje i izvijanje je također manja nego kod A vala, ali je čvrstoća na savijanje i izvijanje u smjeru okomitom na smjer pružanja vala veća nego kod A vala.

Val C je prema svojim karakteristikama nalazi između A i B vala, te zajedno s A i B valom koristi za izradu ljepenke za transportnu ambalažu.

Val E ima najveću čvrstoću na tlak, a najmanju na savijanje. Ljepenka izrađena iz E vala se koristi za izradu prodajne ambalaže.

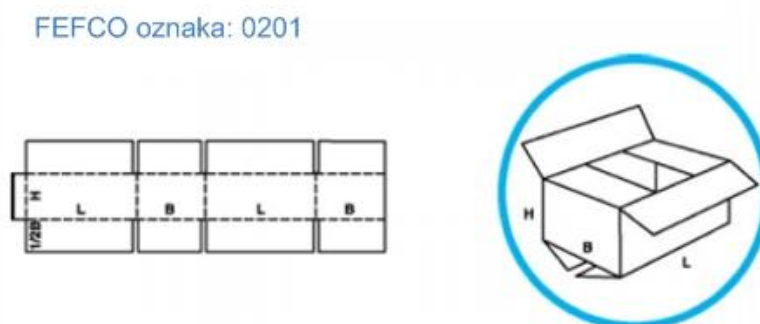
Slika 4. daje pregled najčešće korištenih vrsta valovitih ljepenki.



Slika 4. Vrste ljepenke

2.3. Proizvodnja valovite ljepenke i ambalaže

Proizvodnja valovite ljepenke i ambalaže izrađene od valovite ljepenke se radi poštujući norme koje donosi organizacija FEFCO². Ova organizacija je osnovana 1952. godine sa sjedištem u Bruxellesu. Normama su propisani parametri valovite ljepenke, vrste papira koji se koriste za izradu ljepenke te šablone za izradu kutija. Svaka vrsta kutije ima svoju četveroznamenkastu oznaku koja pokazuje da se taj određeni oblik kutije nalazi u FEFCO standardima. Slika 5. prikazuje FEFCO šablonu za izradu obične transportne kutije 0201.



Slika 5. FEFCO 0201 šablona

² FEFCO – Europska federacija proizvođača valovite ljepenke. Neprofitna organizacija koja zastupa interese industrije valovite ljepenke i bavi se raznim tehničkim i ekonomskim pitanjima.

Za proizvodnju valovite ljepenke potrebno je koristiti uređaj korugator koji ima mogućnosti izrade ljepenke prema potrebnim specifikacijama. Naziv korugator dolazi iz engleskoj naziva valovitog kartona, *corrugated cardboard*, i taj se naziv koristi u industriji kartona i među ljudima koji rade u toj industriji. Opis korugatora i način rada su dani u poglavlju 4.2.1. Šablone se koriste za proizvodnju ambalaže, a potrebne su strojevima koji prerađuju kartonske ploče u gotovu ambalažu. Takvi strojevi se mogu podijeliti u mnogo kategorija, ovisno o načinu rada i njihovim mogućnostima. Općenito se može reći da su to strojevi koji tiskaju oznake, režu ploče prema šablonama i presavijaju materijal u finalni oblik ambalaže. Strojevi te namjene su prikazani u poglavljima 4.2.2., 4.2.3. i 4.2.4.

Osim standardiziranja proizvodnje valovite ljepenke i ambalaže, FEFCO se bavi izradom statistika o proizvodnji valovite ljepenke u Europi. Svake godine se radi novo izdanje opsežnog izvještaja koji uključuje gotovo sve države i prikazuje sve relevantne podatke o proizvodnji valovite ljepenke. Obradeni podaci se uspoređuju s prethodnom godinom tako da se vidi trend promjene podataka. Posljednji dostupni podaci su za 2011. godinu jer se analiza radi po završetku godine. Tablica 2. daje neke od podataka iz FEFCO analize. Prikazani su samo podaci za Hrvatsku gdje je vidljiv pad proizvodnje.

Tablica 2. FEFCO godišnji podaci proizvodnje valovite ljepenke za Hrvatsku

	HRVATSKA			Europa
	2010.	2011.	Δ	Δ
Ukupna proizvodnja	119 000 t	102 000 t	-14,29 %	1,0 %
Broj poduzeća	6	6	0	-1 (426)
Prosječna masa kartonskih ploča	490 g/m ²	474 g/m ²	-16 g/m ²	-2 g/m ² (524 g/m ²)
Udio proizvodnje štancanih kutija u ukupnoj proizvodnji	45,7 %	46,6 %	0,9 %	-0,5 % (42,9 %)
Ukupna potrošnja sirovina	105 000 t	90 000 t	-14,29 %	0,6% (19 082 000 t)
Potrošnja papira Testliner(postotak od ukupne potrošnje sirovina)	46,6 %	39,4 %	-7,2 %	-0,5 % (30,2 %)
Broj zaposlenika u industriji valovite ljepenke	781	620	-161	-8804 (74789)

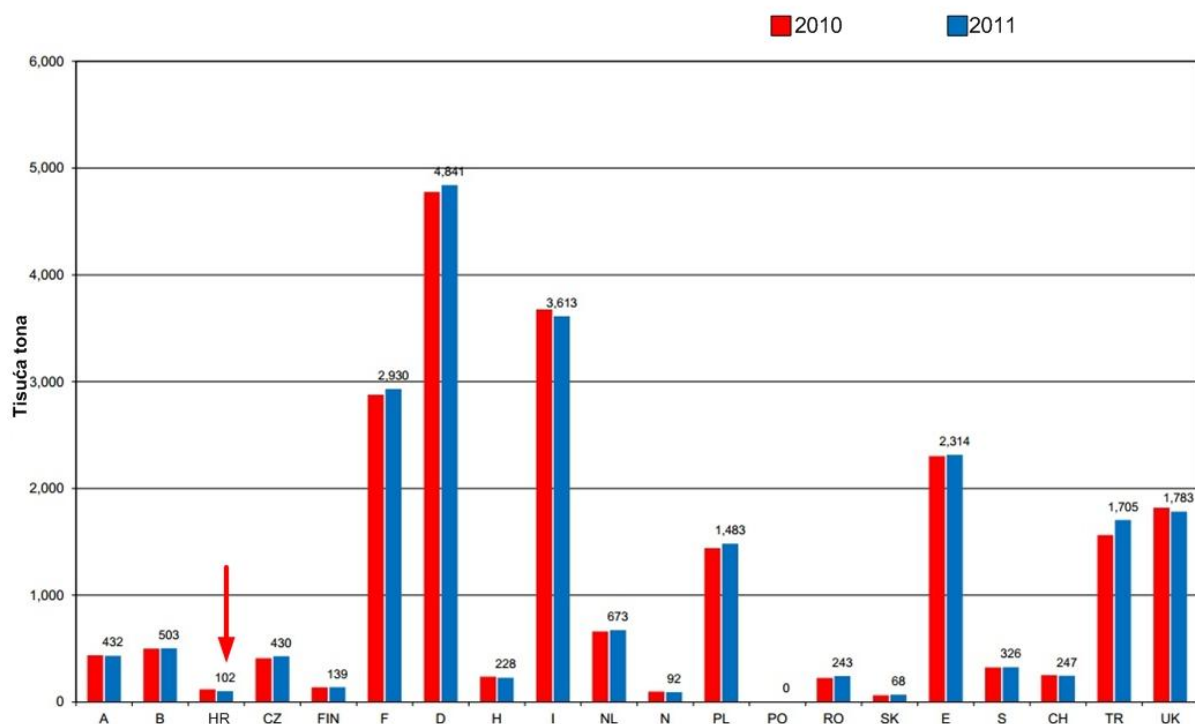
Podaci pokazuju da se najviše koristi papir Testliner. To je najjači smeđi papir za izradu valovite ljepenke za izradu transportnih kutija. Također jer vidljivo da je udio prerade kartonskih ploča u ambalažu nešto veći nego u Europi. Tablica 3. pokazuje udjele sektora za koje se proizvodi valovita ljepenka i ambalaža. Ovi podaci su također u FEFCO godišnjim analizama.

Tablica 3. Udjeli proizvodnje valovite ljepenke u Hrvatskoj i Europi, po sektorima

Sektor	Hrvatska	Europa
Prehrambena industrija	37,4 %	26,3 %
Poljoprivredni proizvodi i svježa hrana	1,9 %	9,2 %
Industrija napitaka	7,9 %	7,8 %
Duhanska industrija	1,1 %	1,1 %
Papirna industrija	2,9 %	5,4 %
Industrija električnih komponenti	2,8 %	2,1 %
Proizvodnja ambalaže	23,7 %	13,4 %
Ostalo	22,3 %	34,7 %

Najveći dio valovite ljepenke se proizvodi za prehrambenu industriju, a drugi po postotku je udio za proizvodnju ambalaže. Ovdje se radi o manjim prerađivačima valovite ljepenke koji ju sami ne proizvode. Takve tvrtke otkupljuju kartonske ploče koje sami obrađuju i proizvode kartonsku ambalažu. U Hrvatskoj je udio takve proizvodnje puno veći nego u Europi. Primjer jedne takve tvrtke je Reklampak d.o.o koja se nalazi u Svetom Križu Začretju.

Slika 6. daje grafičku usporedbu ukupnih proizvodnih količina za 2010. i 2011. godinu. Vodeći proizvođač je Njemačka s gotovo 5 milijuna tona proizvedene valovite ljepenke godišnje. Hrvatska se nalazi pri dnu proizvodnih količina, a može se usporediti s proizvodnim količinama Finske, Norveške i Slovačke. Proizvodne količine ostalih država su mnogostruko veće.



Slika 6. Usporedba proizvodnih količina u Europi (2010.-2011.)

Zanimljivo je spomenuti da se najviše proizvodi valovita ljepenka B vala, oko 42,5%, pa tako i Hrvatska prati tu statistiku sa 43%. Slijede C val sa 20%, E val sa 18% i BC peteroslojna ljepenka sa 16%. Sve ostale vrste ljepenke zauzimaju 3% proizvodnje. Tablica 4. pokazuje udio proizvodnje prema broju boja koje se koriste za tisak. Podaci su vrlo slični europskom prosjeku.

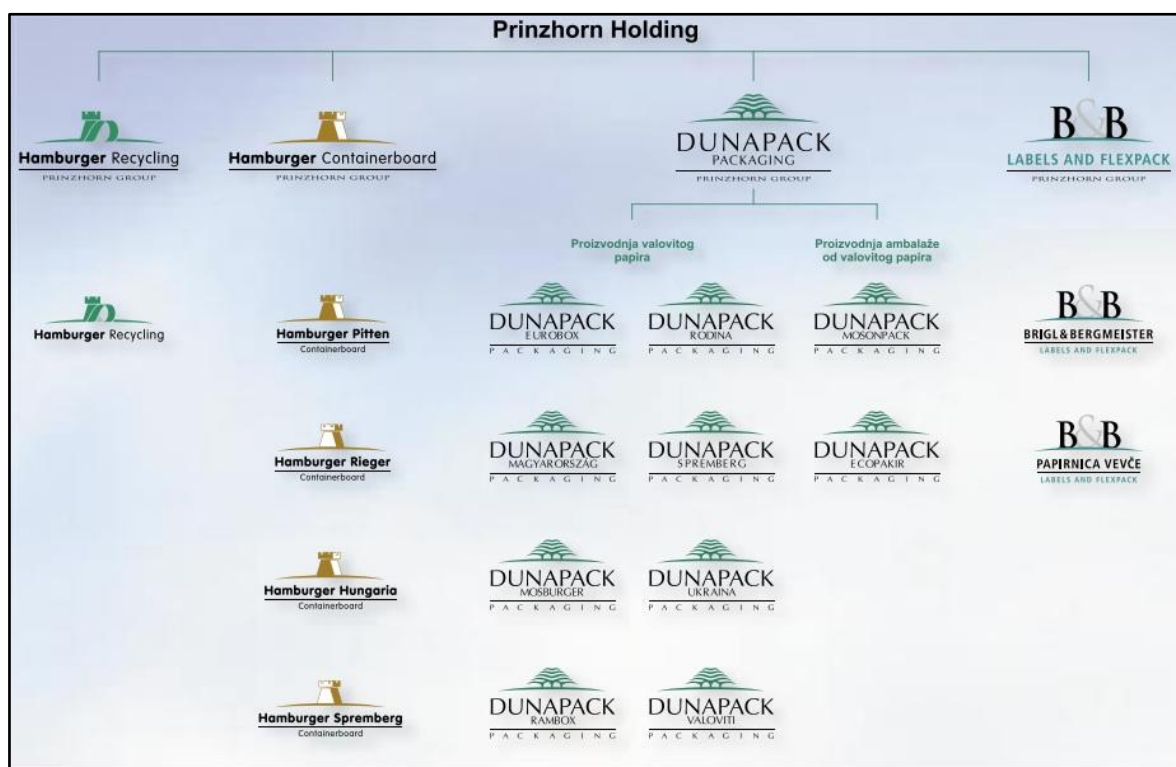
Tablica 4. Udio proizvoda prema broju boja, podaci za Hrvatsku

Broj boja	0	1	2	3	> 3
Udio proizvoda prema broju boja tiska	35,6%	40,7%	11,4%	8,5%	3,8%

3. VALOVITI PAPIR DUNAPACK d.o.o.

3.1. Općenito [3]

Valoviti papir Dunapack d.o.o. je dio Prinzhorn holdinga, jednog od najvećih europskih proizvođača valovite ljepenke i ambalaže. Slika 7. prikazuje ustroj Prinzhorn holdinga. Valoviti papir Dunapack d.o.o. u većinskom je vlasništvu mađarskog Dunapack Ltd, a pogon u Zaboku je počeo radom 2003. godine. U izgradnju je uloženo 23 milijuna eura, a tvrtka zapošljava 140 djelatnika i osim na hrvatskom tržištu, prisutna je i na tržištima Slovenije, BiH, Srbije, Mađarske, Austrije i Italije. Tvrtka Valoviti papir Dunapack d.o.o ima uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema ISO normi 9001:2008.



Slika 7. Ustroj Prinzhorn grupe

Glavni proizvod je ambalaža od valovitog papira, u što spadaju višeslojne kartonske ploče, transportne kutije, razne kartonske stalaže, štancana ambalaža uglavnom za potrebe prehrambene industrije te razni modeli kaširane ambalaže.

Slika 8. prikazuje pogon poduzeća Valoviti papir Dunapack d.o.o.³ u Zaboku (na slici je s lijeve strane vidljiv željeznički kolosijek izgrađen za potrebe tvornice).



Slika 8. Valoviti papir Dunapack d.o.o.

Proizvodnja se obično odvija u dvije smjene, ali prema potrebi se radi i u tri smjene te vikendom. Tvornica ima kapacitet 50000 t valovite ljepenke godišnje.[3] Kao osnovna sirovina koriste se papir i škrob koji je osnova vezivnog sredstva za spajanje slojeva papira. Od energenta se koriste električna energija, plin i po potrebi ekstra lako lož ulje LUEL-30. Tablice u nastavku prikazuju potrošnju sirovina i raznih energenata.

Tablica 5. Potrošnja sirovina u Valovitom papiru Dunapack d.o.o. u pet mjeseci 2012. Godine

2012.	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj
Papir [t]	2822	2669	3163	3194	3624
Škrob [t]	49	49	53	53	66
Ukupno [t]	2871	2718	3216	3247	3690
Ukupno [m²] x 1000	6283	5952	7104	7259	8189

³U daljnjemu tekstu koristit će se i skraćeni naziv Dunapack.

Tablica 6. Potrošnja električne energije u Valovitom papiru Dunapack d.o.o. u četiri mjeseca 2012. godine

2012.	ožujak	travanj	svibanj	lipanj
VT [kWh]	160640	146680	164000	159000
NT [kWh]	64880	66880	73680	89640
Ukupno [kWh]	225520	213560	237680	248640
Vršna snaga [kW]	684	695	692	687
[kWh / t]	78,54	78,57	73,91	76,58

Tablica 7. Potrošnja plina

2012.	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj
Norm. [m ³]	16266	15088	15495	15378	8518
Korig. [m ³]	65551	60012	61381	60080	32867
[m ³ / t]	850,56	22,08	19,09	18,5	8,91

Tablica 8. Potrošnja Ekstra lakog lož ulja LUEL-30

2012.	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj
Potrošnja [l]	0	100	0	100	0
Stanje [l]	67100	67000	67000	66900	66900

Tablica 9. Potrošnja vode

2012.	ožujak	travanj	svibanj	lipanj
[m ³]	790	662	718	825
[m ³ / t]	0,28	0,24	0,22	0,25

Papir, kao osnovna sirovina, dovozi se željezničkim transportom preko željezničkog ogranka izgrađenog za potrebe tvornice, a manjim dijelom i kamionima. Električna energija se koristi za pokretanje proizvodnih strojeva, ostalih uređaja i aparata, za rasvjetu, itd. Plin se koristi za grijanje vode koja se djelomično koristi za grijanje, a ostatak se koristi za dobivanje pare koja je potrebna u proizvodnom procesu.

Električna energija se koristi na pokretanje proizvodnih strojeva, ostalih uređaja i aparata, za rasvjetu, itd. Plin se koristi za grijanje vode koja se djelomično koristi za grijanje, a ostatak se koristi za dobivanje pare koja je potrebna u proizvodnom procesu.

Glavni uređaj za proizvodnju je korugator (*eng. corrugator*). Korugatori su kompleksni uređaju velikih dimenzija sastavljeni od više lančano povezanih komponenti. U ovom slučaju, na ulazu u korugator se dovode namotaji papira, koji se tada provode kroz različite komponente uređaja te se na kraju dobiva višeslojna kartonska ploča. Kod uređaja se mogu podešavati razni parametri kao što su brzina, broj slojeva kartona itd. U samom korugatoru postoje komponente koje služe za transport papira kroz cijeli uređaj. To su valjci, elektromotori, itd., pa se u tom smisli može govoriti o logistici unutar procesa proizvodnje. Slika 9. prikazuje korugator u poduzeću Dunapack. Također su vidljivi i namotaji papira prije postavljanja na korugator.



Slika 9. Korugator

3.2. Proizvodni program [3]

U poduzeću Dunapack proizvodi se širok asortiman proizvoda za upotrebu u raznim industrijama. Osnovni proizvod su kartonske ploče koje se izrađuju na korugatoru. Ploče mogu biti troslojne ili peteroslojne, ovisno o potrebnoj čvrstoći stijenke. Proizvode se tri vrste troslojnih ploča: E val (ili mikroval), C val i B val. Slika 10. prikazuje troslojne ploče.



Slika 10. Troslojne ploče

Peteroslojne ploče se izrađuju kombinirajući različite vrste valova pa tako postoje: BC val, CE val i EB val. Slika 11. prikazuje BC peteroslojnu ploču.



Slika 11. Peteroslojna BC ploča

Ostali proizvodi se dobivaju daljnjom preradom kartonskih ploča. Daljnja prerada uključuje tiskanje oznaka, rezanje, štancanje i presavijanje.

Proizvodi se mogu podijeliti u nekoliko skupina:

- Transportne kutije (Slika 12.)
- Štancana ambalaža (Slika 13.)
- Stalaže i izlošci (Slika 14.)
- Višebojni tisak (Slika 15.)
- Kaširana ambalaža (Slika 16.).



Slika 12. Transportne kutije



Slika 13. Štancana ambalaža



Slika 14. Stalaže i izlošci



Slika 15. Višebojni tisak



Slika 16. Kaširana ambalaža

Proizvodi se koriste u prehrambenoj industriji (Kraš, Zvijezda, Konzum, Franck i drugi), kozmetičkoj industriji, farmaceutskoj industriji, kemijskoj industriji, za potrebe marketinga raznih poduzeća te u industriji obuće i odjeće. Otprilike 50 % proizvoda se izvozi na inozemno tržište (Srbija, Slovenija, BiH, Mađarska, Italija, Austrija).

3.3. Lokacija

Investicija Prinzhorn holdinga u izgradnju tvornice u Hrvatskoj, kao *greenfield* projekt, omogućilo je traženje najbolje lokacije bez bilo kakvih ograničenja.

Makrolokacijski, odabrana je sjeverozapadna Hrvatska, kao regija s velikim gospodarskim potencijalom i dobrom prometnom povezanošću sa središnjom Europom.

Mikrolokacijski, odabran je grad Zabok prvenstveno zbog prometne povezanosti. Zabok je sjecište cestovnih i željezničkih ruta u Krapinsko-zagorskoj županiji. Za tvornicu Dunapack željeznička povezanost je presudna, u tu svrhu je i izgrađen željeznički ogranak od zabočkog kolodvora. Sirovine se prevoze željezničkim transportom, dok se cestovni transport prvenstveno koristi za distribuciju i otpremu proizvedene robe.

3.4. Konkurencija

U Hrvatskoj postoji nekoliko konkurentskih tvornica koje proizvode kartonsku ambalažu.

Model Pakiranja [5]

Tvornica Model Pakiranja d.d. se nalazi u Zagrebu i članica je Model Grupe od 2001. godine. Model Holding AG je holding kompanija Model grupe koja je u vlasništvu obitelji Model. Model Grupa je 2011. godine imala ukupnu prodaju od 660 milijuna CHF, ukupnu proizvodnju od 619 milijuna m² valovitog kartona i 3096 zaposlenika.

Tvornica u Zagrebu zapošljava 125 ljudi i ima godišnji kapacitet od 50 milijuna m². Proizvodni program se sastoji od transportne ambalaže, prodajno-izložbenih stalaka, specijalnih ambalaži, itd. Kompanija isporučuje proizvode u Sloveniju, Mađarsku, BIH, Srbiju, Austriju i Hrvatsku.

Bilokalnik IPA d.d. [6]

Bilokalnik IPA d.d. je tvornica u Koprivnici osnovana 2006. godine spajanjem matičnog društva Bilokalnik d.d. i ovisnog društva Bilokalnik IPA d.d. u jedinstveni poslovni subjekt. Tvornica se nalazi na lokaciji stare pilane izgrađene 1957. godine. Godine 2010. Duropack A.G. iz Beča postaje većinski vlasnik Bilokalnika.

Tvrtka zapošljava 168 ljudi i prisutna je na domaćem i inozemnom tržištu. Proizvodni program se sastoji od složivih kutija, povlačnih kutija, štancane ambalaže i kaširane ambalaže.

Belišće d.d.[7]

Belišće d.d. je kompanija koja posjeduje nekoliko tvornica ambalaže i ambalažnog materijala. U grupi se nalaze, osim tvornice kartonske ambalaže, tvornica poluceluloze i papira, tvornica spiralne ambalaže, tvornica mehaničke prerade drveta, tvornica suhe destilacije drveta i tvornica elektroopreme.

Tvornica ambalaže Belišće d.d. posjeduje dva korugatora, Martin DRO 1624 liniju za proizvodnju štancanih kutija, Bobst SPO 1600 automatsku štancu, Martin FFG924 *in-line* stroj, itd. Proizvodni program se sastoji od transportne ambalaže, vlagootpornu ambalažu (paraфирane iznutra), štancane ambalaža u četverobojsnom tisku i kaširane ambalaže s višebojnim tiskom.

Pan – Tvornica papira Zagreb d.o.o. [8]

Pan je osnovan 1983. godine te se od tada razvija u veliko poduzeće koje danas zapošljava 500 radnika. U Zagrebu se nalazi tvornica papira gdje se prikuplja stari otpadni papir i proizvodni novi papir. Dnevni kapacitet proizvodnje je 250 t. U Donjim Andrijevcima je tvornica valovite ljepenke i ambalaže.

3.5. Odnos prema konkurenciji

Dunapack i navedene konkurentske tvrtke, zajedno s manjim prerađivačima kartonske ambalaže koji nisu ovdje spomenuti, čine ukupni kapacitet proizvodnje kartonske ambalaže Republike Hrvatske koji je čak i prevelik za potrebe hrvatskog tržišta. Zbog toga su se sve tvrtke okrenule i inozemnom tržištu. Dunapack ima najveći godišnji kapacitet od navedenih konkurentskih tvornica i posluje s dobitkom. Model Pakiranja ima nešto manju godišnju proizvodnju i posluje slično kao i Dunapack. Tvrtka Bilokalnik je objavila poslovno izvješće za 2009. godinu u kojem je vidljiv ostvareni dobitak s trendom smanjivanja i povećanja nelikvidnosti kao rezultat utjecaja financijske krize [10]. Tvrtka Belišće d.d. je objavila izvješće za prvo tromjesečje ove godine sa prikazanim gubitkom [11]. Pan tvornica papira Zagreb je u stečaju i jedan od većih poreznih dužnika, što je i objavljeno na internetskoj stranici porezne uprave [12].

3.6. Ekologija [3]

Cijela Prinzhorn holding grupa, pa tako i Valoviti papir Dunapack d.o.o, ima visoki nivo prerade papira s vođenjem brige o zaštiti okoliša. Sva ambalaža se proizvodi od recikliranog papira. Pogon je opremljen sa transportnim sustavom koji od svakog stroja odvodi otpadni materijal i transportira ga do uređaja za baliranje. Balirani otpad (Slika 17.) se transportira u

Austriju u jedan od reciklažnih pogona Prinzhorn holdinga. Vodi se briga o pročišćavanju otpadnih tehnoloških voda te o razvrstavanju nastalog otpada (Slika 18.) po vrsti i kategoriji koje se predaje ovlaštenim sakupljačima.



Slika 17. Balirani otpad

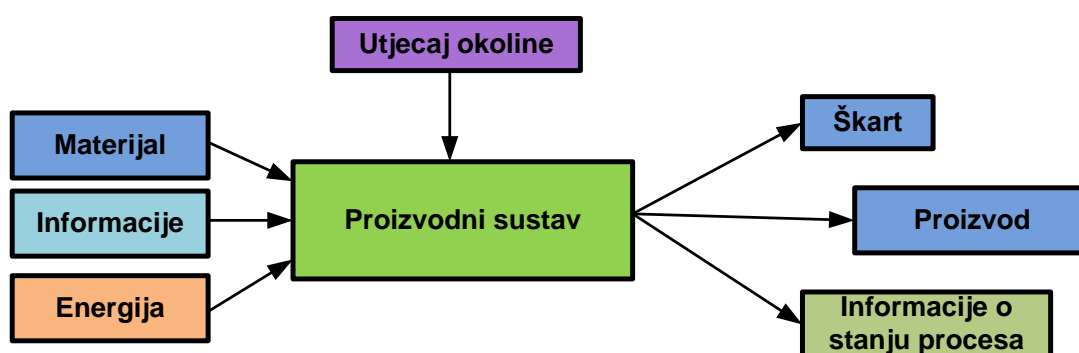


Slika 18. Razvrstani otpad

4. PROCES PROIZVODNJE I STROJEVI

4.1. Proces proizvodnje

Proizvodnja je djelatnost usmjerena na dobivanje upotrebljivih vrijednosti korištenjem strojeva i alata i predstavlja opći uvjet razmjene materije između čovjeka i prirode. Proizvodni sustav je skup različitih elemenata koji služe za ostvarivanje ciljeva proizvodnje. Proizvodni proces podrazumijeva sve aktivnosti tokom pretvorbe ulaznih vrijednosti u izlazne veličine u proizvodnom sustavu.



Slika 19. Proces proizvodnje

Proizvodnja valovite ljepenke i ambalaže se može raščlaniti u nekoliko faza:

- Priprema proizvodnje
- Proizvodnja kartonskih ploča
- Kontrola
- Proizvodnja gotove ambalaže
- Transport
- Skladištenje
- Održavanje.

Priprema proizvodnje

Priprema proizvodnje obuhvaća niz aktivnosti koje su nužne za pretvorbu sirovina u kartonske ploče, odnosno gotove ambalaže. U ovu fazu možemo svrstati sve aktivnosti koje se događaju prije i tokom proizvodnje kartonskih ploča, tj. sve aktivnosti bez kojih se ne može ostvariti proizvodnja.

Za proizvodnju kartonskih ploča su potrebne sirovine i energija. Osnovna sirovina je reciklirani papir. U proizvodnji kartonskih ploča se koristi škrobno ljepilo koje se priprema u škrobnoj kuhinji. S vanjske strane tvornice nalazi se silos u kojem se drži granulirani škrob. Za pripremu lijepila se koristi uređaj Allianze-Serco, u kojem se uz dodavanje kemijskih dodataka i zagrijavanje dobiva tekuće lijepilo. Ljepilo se do korugatora transportira cjevovodom. Nadalje, potrebna je električna energija i vodena para. Vodena para se proizvodi u kotlovnici, u parnom kotlu proizvođača Orometal, tip ORO-8SA. Kao energent se koristi plin, a po potrebi i ekstra lako lož ulje LUEL-30. Slika 20. prikazuje sirovine i energiju potrebne za proizvodnju valovite ljepenke.



Slika 20. Sirovine i energija

Svi strojevi su spojeni na pneumatski sustav koji se koristi za pokretanje i upravljanje pneumatskih komponenti strojeva. Stlačeni zrak se dobiva iz triju kompresora koji se nalaze u

kompresorskoj prostoriji. Jedan se koristi, dok su druga dva rezervna i pokreću se samo u slučaju kvara glavnog kompresora.

Druga faza proizvodnje, proizvodnja gotove ambalaže, se izvodi na ostalim strojevima (Bobst 160S 1 i 2, Martin 924, Bobst-Omega) i zahtijeva dodatnu pripremu. Za tiskanje je potrebno pripremiti tintu što se radi u radionici za pripremu tinte. Koristi se digitalni sustav za miješanje boja i tako priprema bilo koja nijansa boje. U alatnici se pripremaju novi alati za štancanje kada se radi o novom proizvodu. Tvrtka Dunapack d.o.o. koristi programski alat COREL DRAW za izradu šablona za tiskanje oznaka na kartonske ploče.

Proizvodnja valovite ljepenke

Proizvodnja valovite ljepenke se odvija na korugatoru kroz nekoliko faza. Sirovina se nalazi u skladištu sirovina u obliku namotaja. Viličar opremljen kliještima za rukovanje namotajima papira transportira namotaje do početka korugatora, odnosno do nosača roli i spojnica. Ovdje se one montiraju, a trake papira se provedu kroz početne elemente. Dvije trake prolaze kroz uređaj za stvaranje valova čime se dobiva jednostruki korugirani karton, a treća traka zaobilazi ovu komponentu i ide direktno prema jedinici za lijepljenje gdje se spaja s jednostruko korugiranim kartonom iz čega proizlazi trostruki karton. Ako se proizvodi peterostruki karton, uključuje se još jedan uređaj za stvaranje valova. Nakon lijepljenja, karton prolazi kroz uređaj za spajanje slojeva gdje se događa adhezija. Nakon toga slijedi rezanje, uzdužno i poprečno, te na kraju slaganje kartonskih ploča i paletizacija. Slika 21. prikazuje pretvorbu papira u valovitu ljepenu.



Slika 21. Pretvorba sirovine

Kontrola

Kontrola se obavlja u laboratoriju koristeći specijalizirane instrumente. Uzorci proizvedenih kartonskih ploča se mjere, važu i testiraju. Testiraju se mehanička svojstva na kidalici za kartone.

Proizvodnja gotove ambalaže

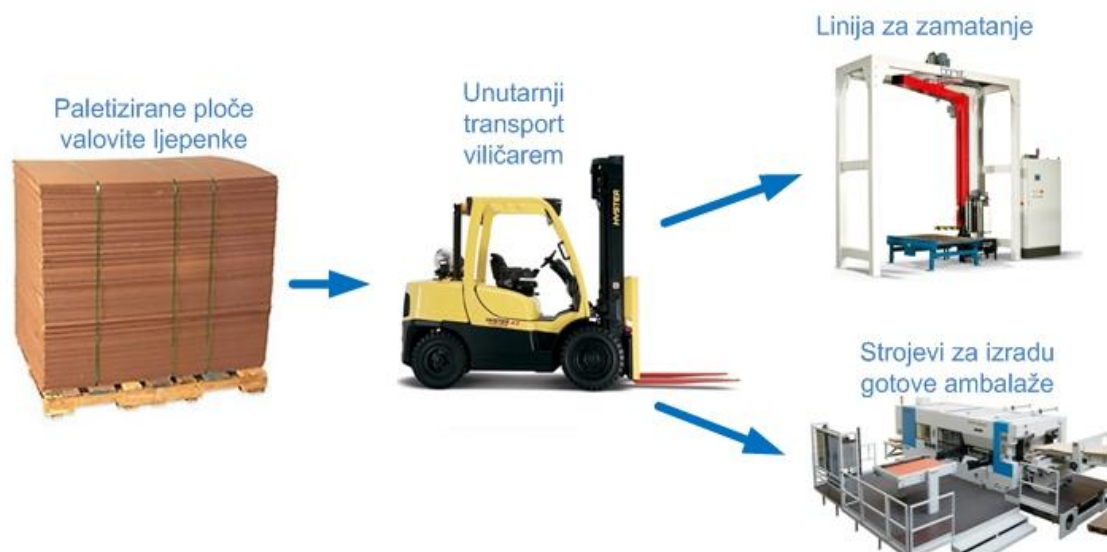
Proizvodnja gotove ambalaže se izvodi na strojevima Bobst 160S 1 i 2, Martin 924 i Bobst-Omega. Ulazna sirovina u ovoj fazi su kartonske ploče, a izlazni produkt su razni oblici kutija i ambalaži. Ovi strojevi također zahtijevaju električnu energiju i stlačeni zrak za rad, ali je potrebno i pripremiti tintu za tisak i alate za štancanje. Strojevi se podešavaju za svaki nalog, tj. za svaku seriju proizvodnje. Bobst 160S 1 i 2 imaju mogućnost tiskanja i štancanja, nakon čega se poluproizvod transportira to stroja Bobst-Omega gdje se isti poluproizvod presavija i lijepi, čime se dobiva gotova kutija. Martin 924 ima mogućnost potpune obrade kartonskih ploča tako da ovdje izlaze potpuno gotove kartonske kutije. Slika 22. prikazuje pretvorbu valovite ljepenke u gotovu ambalažu.



Slika 22. Pretvorba valovite ljepenke

Transport

Nakon svake faze proizvodnog procesa potrebno je transportirati materijal što se obavlja viličarima. Nakon paletizacije, kartonske ploče se prevoze do prostora u proizvodnoj hali koji se koristi kao privremeno mjesto za skladištenje. Odavde se, po potrebi, palete kartonskih ploča prevoze do ostalih strojeva. Nakon proizvodnje, gotove kutije se transportiraju do linije za pakiranje i naposljetku do skladišta finalnih proizvoda. Slika 23. prikazuje slijed transporta.



Slika 23. Unutarnji transport

Skladištenje

Proces skladištenja je lokacijski i funkcionalno razdvojen na tri dijela. Skladište sirovina se nalazi na sjeveroistočnoj strani tvornice i uzima se kao početna točka toka materijala i proizvodnog procesa. Prostor za privremeno skladištenje se nalazi u samoj proizvodnoj hali zbog same prirode proizvodnje. Postoji znatna razlika u brzini proizvodnje korugatora i ostalih strojeva koja uz podešavanja ostalih strojeva za svaki nalog stvara potrebu za odlaganjem materijala u proizvodnoj hali. Skladište finalnih proizvoda se nalazi s jugoistočne strane pogona, a skladištenje gotovih kutija predstavlja posljednju fazu proizvodnog procesa. Slika 24. prikazuje podijeljenost funkcije skladištenja.



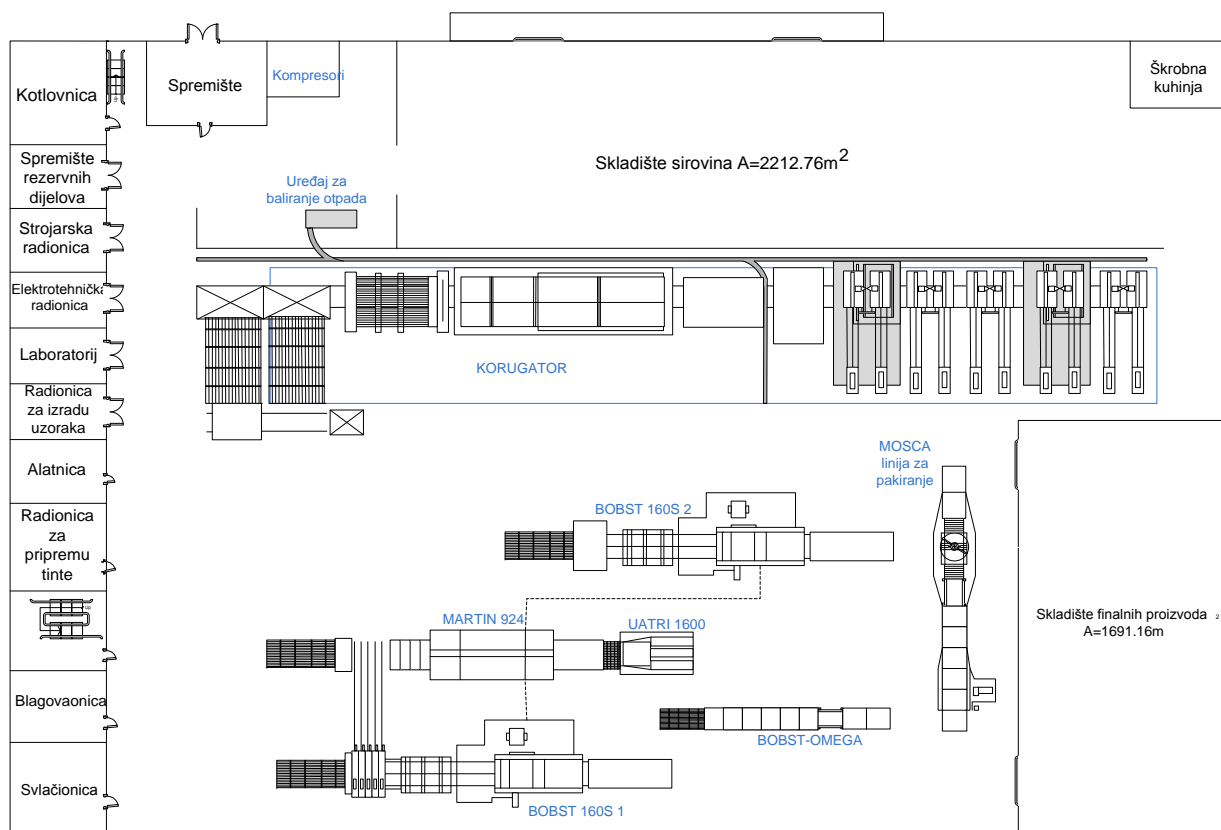
Slika 24. Skladištenje

Održavanje

Održavanje se može shvatiti kao faza proizvodnog procesa koja nema lokacijska ni vremenska ograničenja. Aktivnost održavanja se izvodi neprestano na svim strojevima i uređajima u tvornici. U tu svrhu se koriste strojarska i elektrotehnička radionica te spremište rezervnih dijelova. Bilo da se radi o zamjeni neke komponente ili popravku iste u sklopu tvornice, odjel održavanja omogućuje pravilni rad strojeva i samim time funkcioniranje proizvodnog procesa.

4.2. Strojevi i uređaji

Strojni park se sastoji od glavnih proizvodnih strojeva koji su direktno uključeni u proizvodnju, odnosno nalaze se u toku materijala, te strojeva i uređaja koji nisu direktno uključeni u proizvodnju, ali su neophodni za rad pogona. Slika 25. prikazuje raspored glavnih proizvodnih strojeva.



Slika 25. Tlocrt tvornice

S gornje strane tlocrta nalazi se korugator, glavni proizvodni stroj duljine oko 90 m. Proizvođač korugatora je BHS, a sastoji od 16 serijski spojenih komponenti.

4.2.1. Korugator [3 i 4]

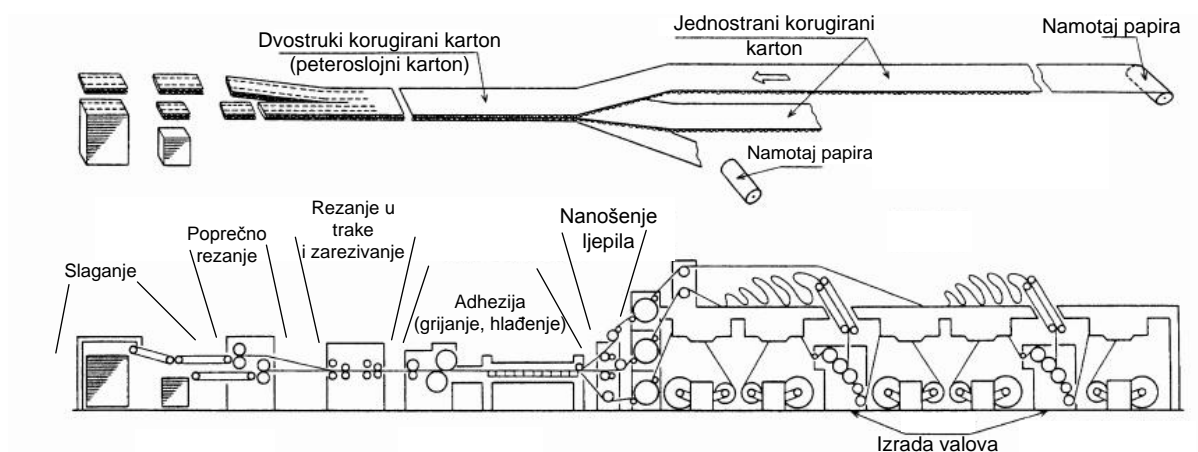
Valoviti papir Dunapack d.o.o. posjeduje korugator koji bi prema BHS klasifikaciji i prema tehničkim specifikacijama spadao u tzv. klasični model, iako je složen od pojedinačnih strojeva različitih godišta tako da tehnički spada u prilagođenu kategoriju. BHS nudi kompletna rješenja podijeljena u pet kategorija, no moguća je i individualna nabava komponenti što stvara veliki broj mogućnosti u pogledu konfiguracije i mogućnosti korugatora.

Tablica 10. Osnovni podaci o korugatoru

	Klasična linija
Proizvodnja	20000 do 28000 m ² /h
Radna širina	1800/2500/2800 mm
Godišnji kapacitet	20000 do 70000 t (1 do 3 smjene dnevno) i 260 dana na godinu
Brzina	140 do 190 m/min (maks. 300 m/min)
Vrsta papira	90 do 1300 g/m ²
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> • Lako upravljanje • Lako održavanje • Dostupnost rezervnih dijelova

Slika 26. prikazuje funkcionalnu shemu korugatora pri izradi peteroslojnog kartona. S desne strane se nalaze nosači roli i uređaji za izradu valova (*eng. single facer*). Svaki uređaj za izradu valova proizvede jednostrani korugirani karton, ravni papir zalijepljen na valoviti papir. Ako se izrađuje troslojni karton, tada se ta dvostruka komponenta zalijepi na još jedan ravni papir. U ovom slučaju dva uređaja za izradu valova rade paralelno, njihove komponente se lijepe međusobno te na kraju s još jednim ravnim papirom. Bilo da se radi o troslojnom ili peteroslojnom proizvodu, nakon lijepljenja slojeva proizvod ulazi jedinicu gdje se događa adhezija uz grijanje i hlađenje (*eng. double facer*). Na izlasku iz te jedinice dobiven je kruti karton. Karton tada ulazi u jedinicu za uzdužno rezanje i zarezivanje (*eng. slitter-scorer*).

Ovaj uređaj ima dva vratila kroz koje prolazi karton. Na vratilima su okrugli noževi za rezanje i diskovi za zarezivanje utora. Noževi i diskovi se miču po vratilu ovisno o potrebnim širinama rezanja. Nakon toga karton dolazi do uređaja za poprečno rezanje (*eng. rotary shear*). Nakon rezanja dobivene su kartonske ploče potrebnih širina i duljina te se slažu. Mogući ostaci od rezanja se odvoze do stroja za baliranje gdje se izrađuju bale koje će kasnije biti odvezene na reciklažu.



Slika 26. Funkcionalna shema korugatora

Nosači rola i spojnice (*eng. roll stand and splicer*)

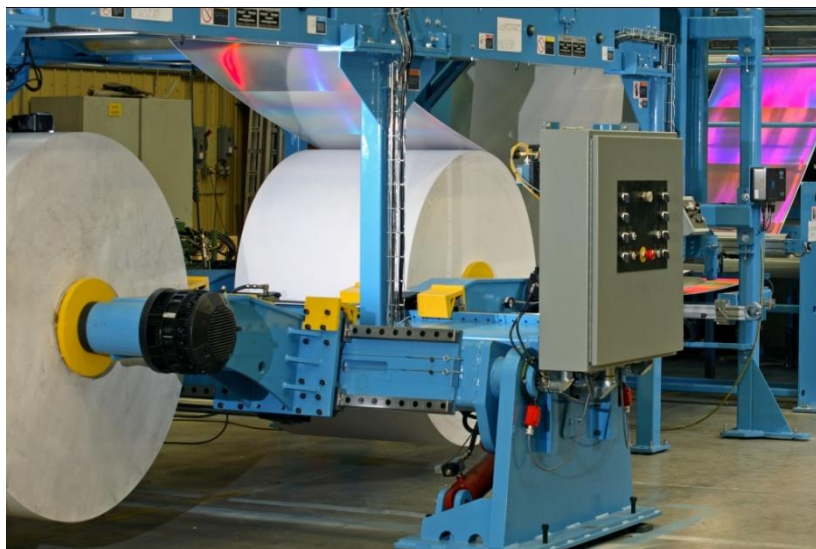
Prva komponenta u korugatoru je nosač role i spojnica. U ovom slučaju ima pet nosača roli za proizvodnju peteroslojnog kartona. U većini slučajeva se proizvodi troslojni karton tako da su samo tri nosača roli u upotrebi. Slika 27. prikazuje nosače roli s narančastim namotajima papira (unutar crveno uokvirenog).



Slika 27. Pozicija nosača roli

Nosači roli moraju omogućiti jednostavno pozicioniranje roli te njihovu rotaciju. Druga uloga nosača roli je održavanje napetosti papira i spajanje papira prilikom mijenjanja role kada se rola odmota do kraja. U praksi se u tom trenutku brzina proizvodnje smanji ispod 100

m/minuta da se izbjegnu pucanja ili stvaranje repova na liniji spajanja papira. Slika 28. prikazuje nosač roli.



Slika 28. Nosač roli

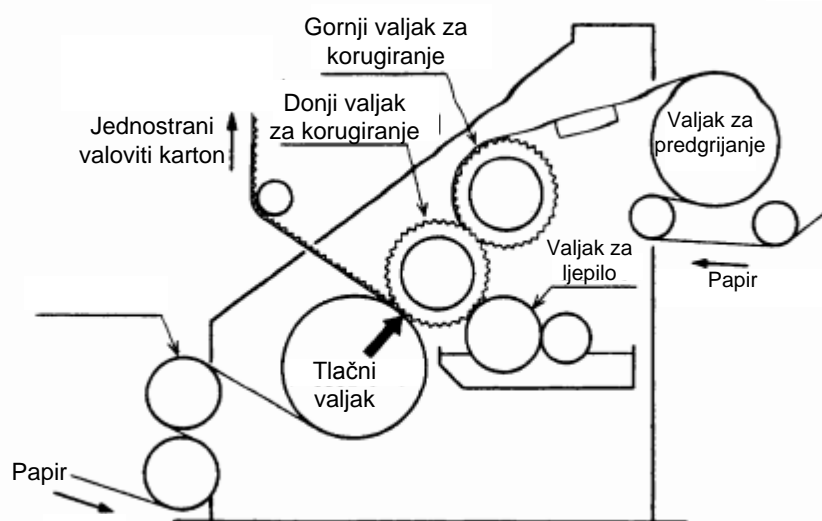
Uređaj za izradu valova

Sljedeća komponenta je Mitsubishijev uređaj za izradu valova (*eng. single facer*) tip 60G. U korugatoru ih ima dva (za peteroslojni karton). Slika 29. prikazuje njihove položaje u korugatoru (crveno uokvireno).



Slika 29. Pozicija uređaja za stvaranje valova

Glavne komponente uređaja su dva valjka s ozubljenjem. Ti valjci stvaraju valoviti papir tako da papir prolazi između njih, istovremeno zagrijavajući papir parom koji postaje vlažan te nakon lijepljenja s ravnim papirom i hlađenja ostaje valovit. Slika 30. prikazuje funkcionalnu shemu uređaja za izradu valova.



Slika 30. Funkcionalna shema uređaja za izradu valova

Ostale komponente su valjci za predgrijanje papira koji osiguravaju optimalnu temperaturu za lijepljenje slojeva i tlačni valjak koji služi za pritiskanje ravnog papira na valoviti sloj, a slika 31. prikazuje izlazni produkt *single facer* uređaja.



Slika 31. Dvoslojna ljepenka

Valjci za korugiranje su ujedno i najbučnija komponenta cijelog stroja. Kako pritišću papir u žlijebove tako zrak izlazi pri čemu se stvara buka, odnosno zbog broja žlijebova i brzine rotacije zvuk postaje jako zujanje. Slika 32. prikazuje valjke za korugiranje. U detalju su vidljivi žlijebovi sa kanalima za prolaz pare.



Slika 32. Valjci za korugiranje

Predgrijač

Sljedeći je predgrijač, u ovom slučaju trokatni (*Triplex*). Ova komponenta po potrebi zagrijava papir na potrebnu temperaturu papira prije nanošenja ljepila te tako osigurava optimalne uvjete za lijepljenje slojeva. Proizvođač je BHS, tip VZR 900/1. Slika 33. prikazuje poziciju predgrijača u korugatoru.



Slika 33. Pozicija predgrijača

Uređaj za lijepljenje

Nadalje, dolazi se do jedinice za lijepljenje koja nanosi ljepilo za spajanje ravnog sloja i jednostrukog valovitog kartona prije završnog grijanja i hlađenja u jedinici za adheziju (*eng. double facer*). Proizvođač je BHS, tip GU-M2. Slika 34. pokazuje položaj jedinice za lijepljenje u korugatoru.



Slika 34. Pozicija jedinice za lijepljenje

Uređaj za spajanje slojeva (*eng. double facer*)

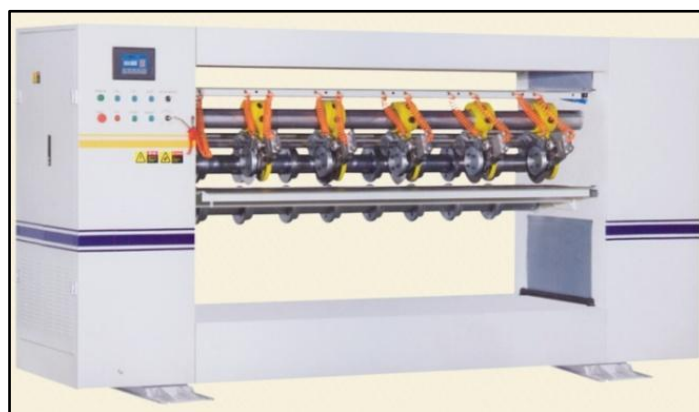
Sljedeća komponenta je *double facer*, tj. uređaj u kojem proizvod dobiva finalni oblik s ravnim papirom na obje strane i valovitom slojem u sredini. Proizvođač je BHS, tip DF-B18. Ovaj uređaj osigurava spajanje komponenti i njihov transport to sljedeće faze. Sam uređaj se sastoji od trakastog konvejera, grijača i parnog sustava. Slika 35. prikazuje položaj *double facer* uređaja u korugatoru.



Slika 35. Pozicija double facer uređaj

Uređaj za uzdužno rezanje (eng. *slitter-scoring*)

Sada se gotov karton reže na trake potrebne širine i istovremeno utiskuju kanali za buduće presavijanje. Ove radnje se događaju u sljedećem uređaju zvanom *slitter-scoring*. Već je spomenuto da se koriste dva vratila s noževima za rezanje i diskovima za utiskivanje zareza. Slika 36. prikazuje općeniti uređaj *slitter-scoring* gdje su vidljiva vratila s noževima i diskovima.



Slika 36. Slitter – scorer uređaj

U pogonu Dunapack koristi se Mitsubishijev *slitter-scoring* tip 57D, a Slika 37. prikazuje lokaciju uređaja u korugatoru.



Slika 37. Pozicija slitter-scoring uređaja

Uređaj za poprečno rezanje (eng. *rotary shear*)

Zadnja komponenta prije faze slaganja gotovih ploča je poprečno rezanje. Za to se koristi uređaj *rotary shear*, također Mitsubishijev, tip 56-1C. Slično *slitter-scoringu* ovaj uređaj ima dva vratila između kojih se provodi karton. Razlika je što u *rotary shear* uređaju noževi nisu okrenuti u smjeru gibanja kartona, nego pod 90° na smjer gibanja. Ti noževi su ravni i dugi te se instaliraju na obod vratila tako da se rotacijom vratila odrezuju segmenti kartona. Slika 38. prikazuje općeniti *rotary shear* uređaj s različitim noževima.



Slika 38. Uređaj rotary shear s noževima

Rotary shear je posljednja komponenta u seriji prije finalnog slaganja kartonskih ploča. Slika 39. prikazuje položaj uređaja *rotary shear* u korugatoru.



Slika 39. Pozicija uređaja rotary shear

Sustav za slaganje kartonskih ploča

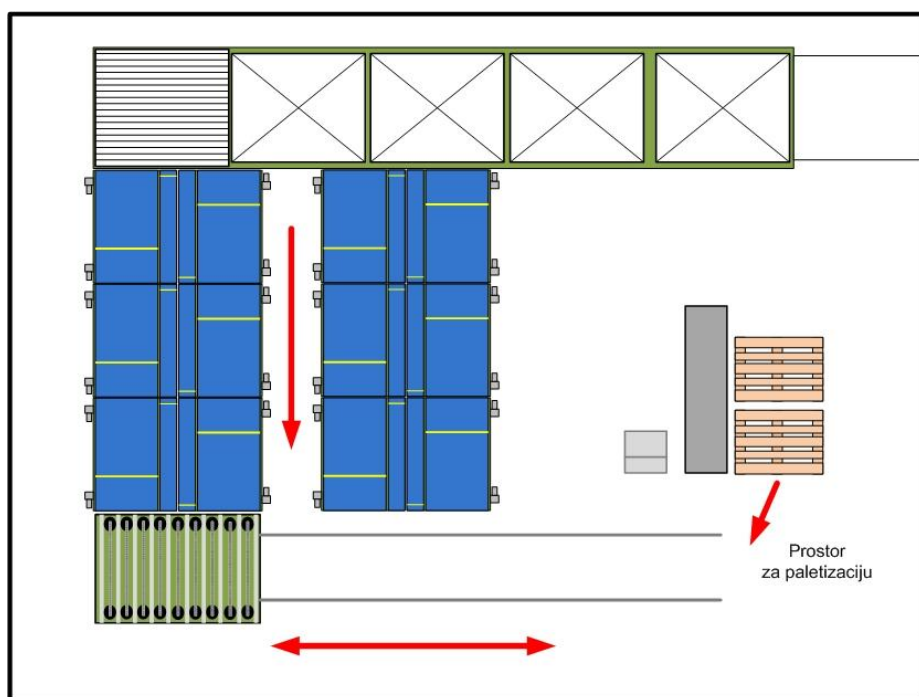
Nakon svih operacija gotove kartonske ploče se trebaju složiti u stupce i transportirati na palete. Slika 40. prikazuje poziciju sustava za slaganje kartonskih ploča koja je posljednja komponenta korugatora.



Slika 40. Sustav za slaganje ploča

Sustav se sastoji od dva trakasta konvejera koji prevoze ploče do hidrauličkih dizala. Postoje dva dizala koja se naizmjenično koriste zbog postizanja veće brzine slaganja i kapaciteta. Kako se ploče slažu tako se dizalo polako spušta, omogućavajući vertikalno slaganje ploča. Dizala također imaju pogonjene valjke koji istovaruju složene ploče na trakaste konvejere sastrane.

Trakasti konvejeri zajedno s tračnim vozilom čine sustav za paletizaciju. Slika 41. prikazuje taj sustav. Nakon što dizalo spusti kartonske ploče, one se prevoze trakastim konvejerom do tračnog vozila. Kada je vozilo prazno, ploče se prebacuju na vozilo pomoću lančanog prijenosa koji se podiže između valjaka pomoću pneumatskih jastuka. Vozilo tada valjcima pozicionira ploče na prednju stranu vozila, a samo vozilo se zaustavlja u ravnini s drugim trakastim konvejerom. Paletizacija se obavlja kada operator postavi praznu paletu na predviđeno mjesto i pritisne dugme na kontrolnoj ploči.



Slika 41. Sustav za paletizaciju

Paleta s kartonskim pločama se tada transportiraju do privremenog međuskладиšta koje se nalazi u proizvodnoj hali prije nego što se šalju na daljnju obradu na drugim strojevima. Svi transporti se obavljaju viličarima.

4.2.2. Bobst 160S [3 i 4]

Bobst je jedan od vodećih proizvođača strojeva za industriju kartona i kartonske ambalaže. Tvrtka je osnovana u Švicarskoj, a danas je prisutna u osam država s 11 pogona i preko 5000 zaposlenika.

Ovaj stroj je također sastavljen od komponenti koje postavljene u seriji pretvaraju kartonsku ploču u gotov ambalažni materijal. Proizvodi s ovih uređaja se još trebaju presavijati i lijepiti da bi se dobila konačna ambalaža. Za savijanje i lijepljenje se koristi Bobst–Omega 1600, tzv. *folder-gluer* uređaj. Sav izlazni materijal iz Bobsta 160S 1 i 2 je ulazni materijal za Bobst–Omega 1600.

Bobst 160S 1

Bobst 160S 1 i 2 imaju različite konfiguracije. Uređaj broj 1 dijeli bojanike s uređajem Martin 924. Bojanici su postavljeni na tračnice i pomiču se između strojeva po potrebi. Postoji pet bojanika što znači da se na karton može tiskati najviše pet boja odjednom. Ne računajući bojanike, Bobst 160S 1 ima sljedeću konfiguraciju:

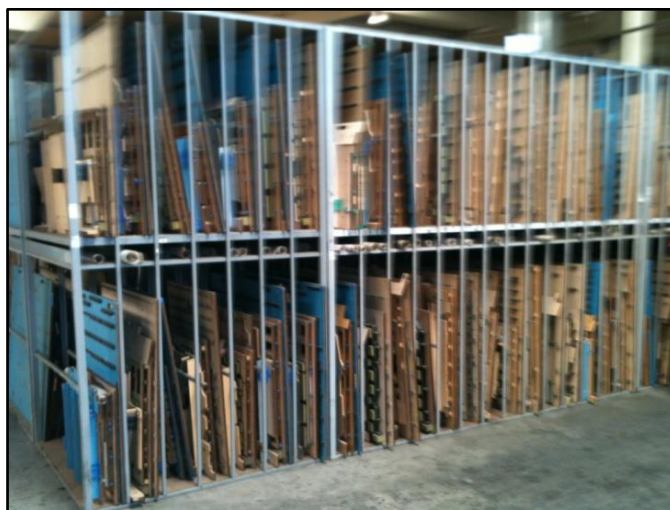
- Bobst SPO160-S
- Bobst Dynabreak 160-A
- transportni most Celmacch
- ulagač Martin

Bobst SPO160-S je automatska štanca sa izmjenjivim alatima što omogućuje razne oblike i načine rezanja. Slika 42. prikazuje uređaj s vratima za izmjenu alata u sredini. Ovaj uređaj spada u kategoriju *die cutter* što znači da se koriste pločasti alati za rezanje kartona koji izrezuju konture vertikalnim gibanjem za svaki karton. Kapacitet ovog uređaja jest otprilike 5000 komada na sat.



Slika 42. Bobst SPO 160S

Alati se čuvaju na regalima u blizini uređaja jer se mijenjaju za svaki nalog, odnosno za svaki način rezanja kartona. Slika 43. prikazuje regal s alatima, a slika 44. jedan od alata.



Slika 43. Regal s alatima



Slika 44. Alat za uređaj Bobst 160S

Bobst Dynabreak 160-A je komponenta za trganje i odvajanje otpada od kartona koji izlazi iz štance. Mali komadići se ne mogu sami odvojiti prilikom rezanja tako da ih se treba naknadno maknuti. Otpad pada na trakasti konvejer kojim se prevozi do uređaja za baliranje. Slika 45. prikazuje uređaj Dynabreak 160-A.



Slika 45. Dynabreak 160-A

Na izlazu iz ove komponente nema nikakvih uređaja tako da se sav materijal prenosi do uređaja Bobst-Omega koji presavlja i lijepi izrezane kartone. Isti slučaj je i za uređaj Bobst 160S 2.

Transportni most Cellmach je trakasti konvejer koji dovozi kartonske ploče do ulagača. Ima mogućnost podešavanja visine i radi u sklopu s ulagačem. Ulagrač je Martin Midline 924 i ta komponenta služi za poravnavanje i pravilno doziranje kartonskih ploči u štancu. Slika 46. prikazuje ulagač.



Slika 46. Ulagrač Midline 924

Bobst 160S 2

Ovaj uređaj je vrlo sličan Bobstu 160S 1, štanice su iste, ali je drugačija konfiguracija. Naime, Bobst 160S 2 ne dijeli bojanike s uređajem Martin 924, nego ima svoje. Zbog toga nema potrebe za ulagačem, bojanici tiskaju oznake i imaju ulogu ulagača. Dakle, konfiguracija uređaja Bobst 160S 2 je sljedeća:

- Bobst SPO160-S
- Bobst Dynabreak 160-A
- Bobst Dynaflex 160
- transportni most Celmacch.

Štanca, uređaj za trganje i odvajanje otpada i transportni most su isti kao i u prvom uređaju. Razlika je u bojanicama, odnosno ovaj uređaj koristi Bobst Dynaflex 160 bojanik.

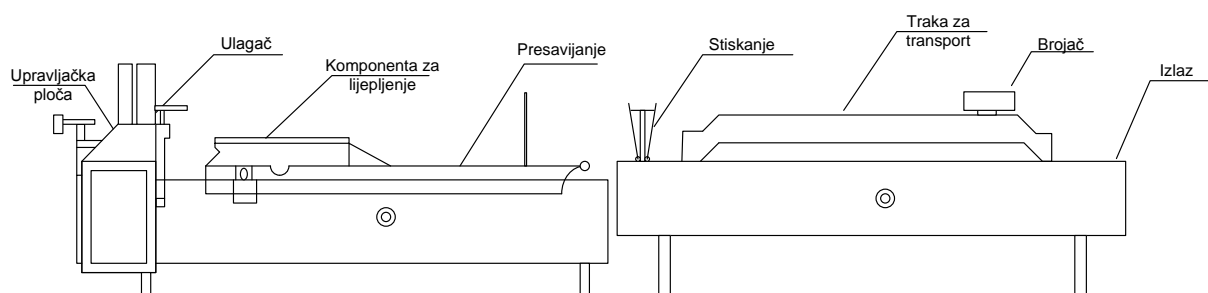
4.2.3. Bobst-Omega 1600 [3 i 4]

Bobst-Omega 1600 spada u *folder-gluer* uređaje, tj. uređaj za presavijanje i lijepljenje. Ulaz u ovaj uređaj su otisnute i izrezane kartonske ploče koje izlaze iz uređaja Bobst 160S 1 i 2. Bobst-Omega je nešto stariji uređaj, potpuno mehanički, što znači da se za svaki nalog uređaj ručno podešava, testira te naposljetku pušta u rad. „Zastarjelost“ se pokazuje kao prednost, a ne nedostatak: budući da se radi samo o mehaničkim komponentama, eventualni se kvarovi brzo rješavaju, a iskustvo operatora omogućava brzo podešavanje stroja za različite vrste proizvoda. Brzina i fleksibilnost su vrlo važne karakteristike kod ovog uređaja jer obrađuje materijal iz dvaju uređaja Bobst 160S. Slika 47. prikazuje uređaj za presavijanje i lijepljenje (nije Bobst-Omega o kojemu je ovdje riječ).



Slika 47. Uređaj za presavijanje i lijepljenje

Za presavijanje kartonskih ploča stroj koristi razne metalne graničnike, profile i valjke koji sinkronizirano usmjeruju dijelove ploča tako da se presaviju na određenom mjestu. Prije samo presavijanja se nanosi lijepilo tako da kutija nakon obrade ostane u novom obliku. Slika 48. prikazuje funkcionalnu shemu *folder-gluer* uređaja.

Slika 48. Funkcionalna shema *folder-gluer* uređaja

U slučaju Bobst-Omega uređaja kakav se koristi u Dunapacku, svaki graničnik i valjak se mora ručno podesiti za određenu kutiju. Sve udaljenosti su podesive tako da taj uređaj ima mogućnosti kao i moderniji strojevi, ali je nešto sporiji u radu i u podešavanju. Prednost je da nema previše električnih ni pneumatskih komponenti, što znači da je stroj vrlo pouzdan. Jedan od glavnih faktora koji utječu na brzinu rada je znanje i iskustvo operatora koji podešavaju stroj. Slika 49. prikazuje pretvorbu kartonske ploče u gotove, otvorene transportne kutije.



Slika 49. Pretvorba materijala na stroju Bobst-Omega

Dakle, iz strojeva Bobst 160S 1 i 2 se dobivaju odštancane kartonske ploče (na slici lijevo) sa utisnutim žlijebovima za presavijanje. Stroj Bobst-Omega se podešava prema dimenzijama kartonske ploče i pušta u rad. Nakon nanošenja lijepila i presavijanja, stroj transportira kutije do brojača nakon čega one izlaze sa stražnje strane stroja gdje se ručno stavljaju na palete. Izlazni produkt su savinute, otvorene kutije koje se trebaju složiti prije upotrebe.

4.2.4. Martin 924 [3 i 4]

Martin 924 je tzv. *in-line* uređaj koji obavlja sve operacije. Martin 924 ima komponente za tiskanje oznaka, štancanje, odvajanje otpada i presavijanje i lijepljenje. Kao što je već spomenuto, Martin 924 dijeli bojanike s uređajem Bobst 160S 1. Bojanici se nalaze na tračnicama te se prema potrebi pozicioniraju kod strojeva. Svaki bojanik nanosi jednu boju tako da se za svaki tisak pozicionira onoliko bojanika koliko je boja u tisku. Slika 50. prikazuje četiri bojanika.



Slika 50. Bobst-Martin bojanici

Martin 924 spada u kategoriju rotacijskih štanci, što znači da ne koristi pločaste alate kao Bobst 160S nego rotirajući alat s promjenjivim noževima. Ovakav alat omogućava znatno veći kapacitet obrade, Martin 924 ima mogućnost obrade do 12000 komada na sat. Zbog toga se Martin 924 koristi za veće naloge.

Nakon tiskanja i izrezivanja te otklanjanja otpada, materijal dolazi do komponente za savijanje i lijepljenje, a nakon toga i do brojača koji slaže presavinute kartone u grupe. Slike 51. i 52. prikazuju ljepilicu-savijačicu i brojač-izbacivač.



Slika 51. Ljepilica-savijačica



Slika 52. Brojač-izbacivač

Brojač-izbacivač slaže kutije u stupce te se one prenose do uređaja za vezanje. Slika 53. prikazuje uređaj Mosca Uatri 1600 koji se koristi u tu svrhu.

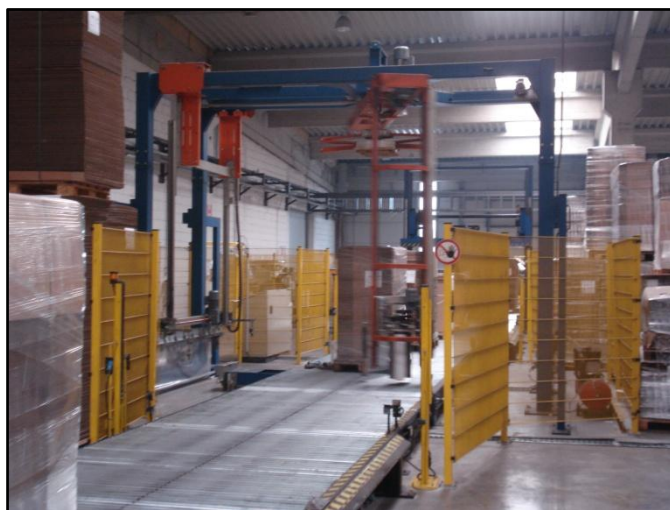


Slika 53. Mosca Uatri 1600

Vezani stogovi kartona su gotov proizvod i mogu se transportirati. Za upotrebu, kutiju je potrebno samo sklopiti.

4.2.5. Linija za pakiranje Mosca [4]

Linija za pakiranje proizvođača Gerd Mosca AG sastoji se od dvije glavne komponente. Prvi uređaj je KZV 111, automatski uređaj za vezivanje paletiziranih proizvoda. Drugi uređaj je WAH 4, automatska omatalica sa rotirajućom rukom. Sama rotirajuća ruka je model Helix HS40 proizvođača Robopac, koju tvrtka Gerd Mosca AG ugrađuje u svoje linije za pakiranje. Kapacitet ove linije za pakiranje je 70 paleta na sat. Slika 54. prikazuje Mosca liniju za pakiranje.



Slika 54. Mosca linija za pakiranje

4.2.6. Ostali uređaji [3 i 4]

Ostali uređaju se ne nalaze u samom toku materijala, ali su neophodni za proces proizvodnje.

Uređaj za baliranje Boa Systems usitnjuje i kompresira otpadni materijal u četvrtaste bale koje se transportiraju na reciklažu.

Pinguley Haulot compact 10 je vozilo sa podiznom platformom koje se koristi kod čišćenja ili servisiranja strojeva.

Kompresori Gardner Denver služe za napajanje pneumatskog sustava koji koriste svi strojevi.

Kongsberg XL-24 je uređaj za rezanje šablona.

Storks Prints B.V. uređaj za mješanje priprema boje za tiskanje na Bobst i Martin strojevima.

Rewox uređaj se koristi za pročišćivanje otpadnih voda.

Simca 3007 je poluautomatski uređaj za šivanje kartona.

Allianze-Serco je uređaj za pripremanje škrobnog ljepila.

Tablica 11. prikazuje navedene uređaje.

Tablica 11. Ostali uređaji

Stork Prints B.V.		Boa Systems - uređaj za baliranje	
Rewox		Pinguely- Haulot Compact 10	
Simca 3007		Kompresor Gardner Denver	
Allianze- Serco		Kongsberg XL-24	

Svi su uređaji u količinama po jedan komad, osim kompresora Gardner Denver kojih je tri.

4.2.7. Transportna sredstva [3 i 4]

Svi kartonski proizvodi se slažu na palete koje prevoze viličari. Tvrtka Dunapack d.o.o raspolaže s devet viličara, i to:

- osam viličara proizvođača Hyster, model H2.0FTS, i
- jedan proizvođača Jungheinrich, model DFG 550.

Hyster H2.0FTS

Hyster H2.0FTS je kompaktni viličar primjeren za upotrebu na otvorenim i zatvorenim prostorima. Svaki model ima verziju sa agregatom na dizelsko gorivo i na prirodni plin. Model H2.0 FTS ima nosivost 2 tone. Slika 55. prikazuje viličar Hyster H2.0FTS. Vidljiv je teleskopski jarbol, vilice podesive širine te visoki položaj sjedala za bolju preglednost. U poduzeću Dunapack ovaj model viličara se koristi za transport paleta s proizvodima. Ako je finalni proizvod kartonska ploča, onda se prevozi od kraja korugatora do linije za pakiranje. U većini slučajeva se kartonske ploče dodatno obrađuju tako da viličari prevoze palete s kartonskim pločama do privremenog skladišnog prostora te nakon toga do određenih strojeva. Tablica 12. prikazuje neke podatke viličara Hyster H2.0FTS.



Slika 55. Viličar Hyster H2.0FTS

Tablica 12. Podaci viličara Hyster H2.0FTS

Karakteristika	Vrijednost
Motor	4 cilindra, 2000cm ³ , LPG
Snaga motora	29,8 kW
Brzina (opterećen/prazan)	20,5/20,9 km/h
Nosivost (Q)	2000 kg
Centar tereta (c)	500 mm
Maksimalna visina jarbola (h)	3905 mm
Nagib jarbola (α, β)	6°/5°
Širina vilica (b_v)	980 mm
Ukupna duljina (l)	3268 mm
Širina (b)	1112 mm
Visina dizanja tereta (h_t)	3290 mm

Jungheinrich DFG 500

Tvrtka Dunapack d.o.o koristi jedan viličar Jungheinrich DFG 550 opremljen kliještima za prijenos sirovine, tj. namotaja papira. Služi za pretovar sirovine iz vagona u skladište sirovina, i prijevoz od skladišta sirovina do korugatora. Maksimalna nosivost je 5000 kg. Slika 56. prikazuje viličar Jungheinrich DFG 550. Na samom dizajnu uočava se robusnost viličara koji također posjeduje teleskopski jarbol. Slika 57. pokazuje dodatnu opremu instaliranu na viličar, a to su kliješta za prijevoz namotaja papira, u zahvatu. Tablica 13. prikazuje neke od karakteristika viličara Jungheinrich DFG 500.



Slika 56. Viličar Jungheinrich DFG500



Slika 57. Kliješta za transport namotaja papira

Tablica 13. Podaci viličara Jungheinrich DFG500

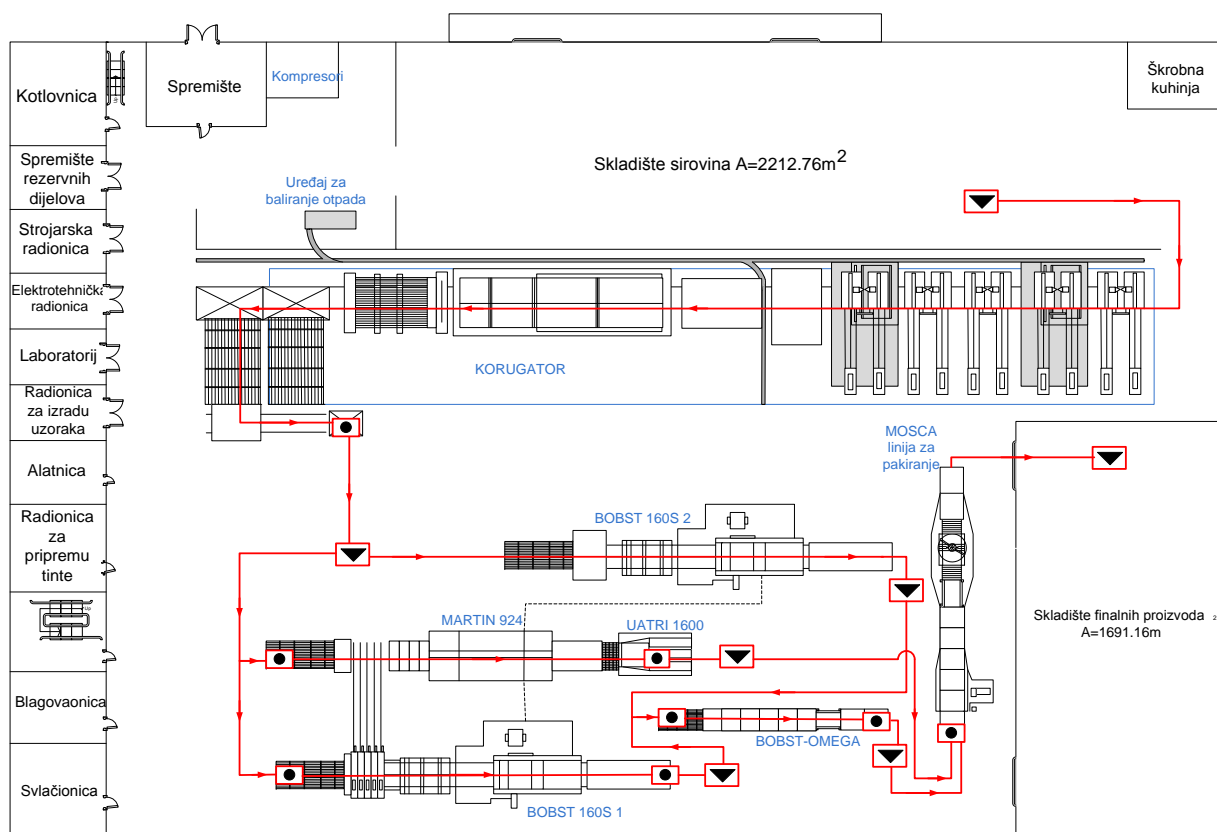
Karakteristika	Vrijednost
Motor	GM 4.3L V6, dizel gorivo
Snaga motora	67 kW
Brzina (opterećen/prazan)	22,3/25,8 km/h
Nosivost (Q)	5000 kg
Centar tereta (c)	600 mm
Maksimalna visina jarbola (h)	4363 mm
Nagib jarbola (α, β)	7°/6°
Širina vilica (b_v)	1260 mm
Ukupna duljina (I)	4260 mm
Širina (b)	1450 mm
Visina dizanja tereta (h_t)	3500 mm

4.3. Tok materijala

Tok materijala se može definirati kao organizacijsko, vremensko i prostorno povezivanje tehnoloških, kontrolnih, skladišnih, transportnih i ostalih zbivanja vezanih uz materijal koji prolazi proizvodnim sustavom tijekom ciklusa proizvodnje [9]. Tok materijala je bitan za određivanje rasporeda elemenata unutar proizvodnog sustava te za određivanje vrste i broja transportnih sredstava u tom sustavu. Glavna načela oblikovanja tokova materijala jesu:

- Nastojanje da se odvija po najkraćem putu
- Izbjegavati povratne putove
- Izbjegavati međusobno križanje putova
- Izbjegavati promjene visine.

Tok materijala se može prikazati grafički ili numerički. Slika 58. daje grafički prikaz tokova materijala između prije opisivanih strojeva u tvornici Dunapack.



Slika 58. Tok materijala

Tokovi materijala prikazani su crvenom linijom, strelice pokazuju smjer gibanja materijala, crna kružnica prikazuje operaciju, a trokut predstavlja skladištenje.

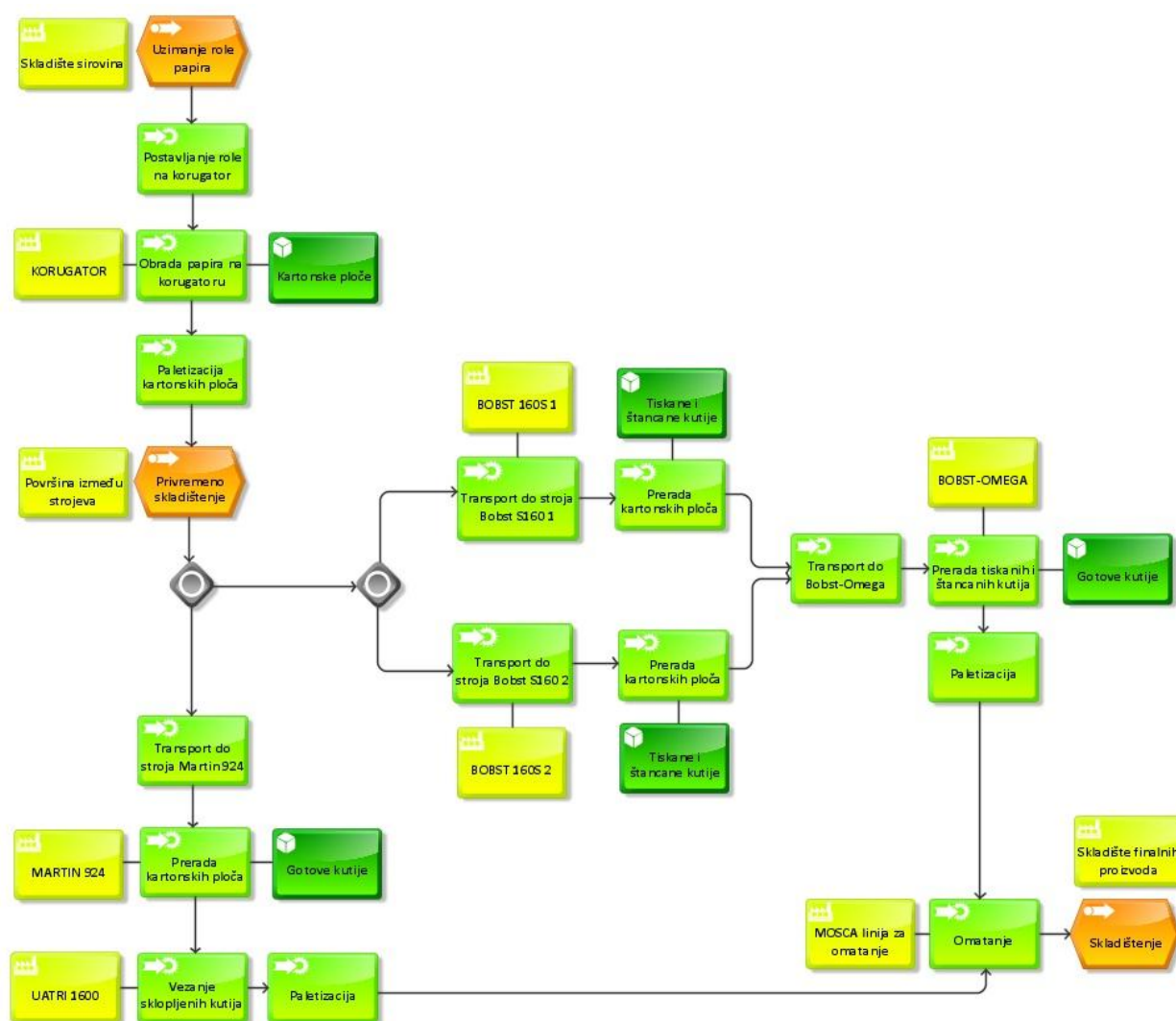
Role papira, kao sirovina, se nalaze u skladištu sirovina. One se po potrebi dovoze do korugatora viličarom s kliještima za prenošenje roli. Papir tada prolazi kroz korugator i postaje troslojni ili peteroslojni karton. Na kraju korugatora, sustav za paletizaciju obavlja operaciju iskrcavanja kartonskih ploča na paletu što je naznačeno na slici 41. Paletizacija se obavlja prebacivanjem kartonskih ploča s trakastih konvejera na tračno vozilo (Slika 58., desno od laboratorija), nakon čega tračno vozilo iskrcava kartonske ploče na paletu pozicioniranu na završetku tračnica. Nakon te operacije, viličar preuzima paletu i prevozi ju do prostora gdje će se paleta privremeno skladišiti (prostor međuoperacijskog odlaganja). Vrijeme koje paleta s materijalom provede u ovom prostoru ovisi o dinamici proizvodnje na strojevima Bobst 160S 1, 2 i Martin 924. Vrijeme čekanja se kreće od nekoliko minuta do nekoliko sati. S ove lokacije, ovisno o radnom nalogu, viličar po potrebi prevozi palete do strojeva: ovdje se tok materijala grana na Bobst 160S 1 i 2, i na Martin 924. Kao što je već spomenuto, strojevi Bobst 160S ne presavijaju niti lijepe kutije, tako da se sav materijal nakon

obrade prevozi do stroja Bobst-Omega. Bobst-Omega je folder-gluer stroj što znači da se kutije presavijaju i lijepe nakon čega su spremne za pakiranje. Tu se ručno slažu na palete, a kasnije ih viličar prevozi do linije za omatanje i naposljetku do skladišta finalnih proizvoda.

Kod stroja Martin 924 tok je nešto drugačiji. Martin 924 je *in-line* stroj što znači da nakon tiskanja i štancanja sam presavija i lijepi kutije. One izlaze potpuno gotove i spremne za pakiranje. Neposredno na izlazu iz stroja Martin 924 se nalazi pakirka Mosca Uatri 1600, stroj koji obavlja kutije plastičnim trakama za vezivanje. U tom obliku, one se ručno prebacuju na palete koje kasnije viličar prevozi do linije za omatanje i naposljetku u skladište finalnih proizvoda.

Slika 59. na sljedećoj stranici prikazuje dijagram toka materijala. Narančasti šesterokuti predstavljaju aktivnosti koje se događaju u skladištu ili skladišnom prostoru. Svijetlo zeleni kvadrati predstavljaju aktivnosti u procesu proizvodnje, tamno zeleni kvadrati predstavljaju produkt pripadajuće aktivnosti, a žuti kvadrati predstavljaju poziciju pripadajuće aktivnosti (prostor ili stroj).

Treba spomenuti i da tok škrobnog ljepila nije prikazan na slici 55. niti u dijagramu jer ne ometa tok papira i kartona. Naime, škrobno ljepilo se priprema u škrobnoj kuhinji koja se nalazi u kutu skladišta sirovina, a do korugatora se transportira cjevovodom. Cjevovod se nalazi ispod razine poda gdje je ugrađen prilikom izgradnje tvornice. Sustav je pogonjen pneumatskom pumpom i sadrži međuspremnik neposredno kod korugatora zbog lakšeg doziranja.



Slika 59. Dijagram toka materijala

Tablica 14. prikazuje intenzivnosti toka materijala na razini mjesečne proizvodnje. Veličine su prikazane u obliku $x/y/z$, pri čemu x predstavlja masu u tonama, y predstavlja broj paleta, a z predstavlja površinu proizvedenih kartona u tisućama kvadratnih metara. Vidljivo je da se najveća transportna intenzivnost događa između korugatora i prostora međuoperacijskog odlaganja, oko 12000 paleta mjesečno. Sav materijal se dalje transportira iz međuoperacijskog prostora prema ostalim strojevima. Zbog najvećeg intenziteta u međuoperacijskom prostoru, potrebno je predložiti moguća unaprjeđenja transportnih sredstava u tom prostoru čime bi se smanjili troškovi i zastoji uzrokovani trenutnim stanjem. Prikaz troškova korištenja viličara i projekcija troškova novog sustava su dani u poglavlju 5.2. i 5.3.

Tablica 14. Matrica toka materijala, intenzivnosti u x/y/z⁴, mjesečno

	Skladište sirovina	Korugator	Prostor odlaganja	Bobst 160S 1	Bobst 160S 2	Martin 924	Bobst-Omega	Mosca	Skladište proizvoda
Skladište sirovina	-	3000/12000/7000	-	-	-	-	-	-	-
Korugator	-	-	3000/12000/7000	-	-	-	-	-	-
Prostor odlaganja	-	-	-	1000/4000/2333	1000/4000/2333	1000/4000/2333	-	-	-
Bobst 160S 1	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-	-
Bobst 160S 2	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-	-
Martin 924	-	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-
Bobst-Omega	-	-	-	-	-	-	-	2000/4000/4000	-
Mosca	-	-	-	-	-	-	-	-	3000/6000/6000
Skladište proizvoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Specifičnosti proizvodnje zahtijevaju zastoj i privremeno skladištenje materijala u proizvodnoj hali. Kod prerade kartonskih ploča na strojevima Bobst 160S i Martin 924, parametri obrade se mijenjaju za svaki nalog. Potrebno je promijeniti alate za rezanje i pripremiti bojanike. Ako se radi o obliku kutija koji se već proizvodio onda je vrijeme pripreme kraće, a to je i najčešće slučaj. To znači da je alat spremljen u regalu i potrebno ga je samo staviti u stroj. Ako su operateri upoznati s oblikom kutija onda i fino podešavanje bojanika i štanice traje vrlo kratko, obično se isproba na jednoj ili dvije kutije nakon čega je stroj spreman za rad.

Sav transport se obavlja viličarima. Mali dio, točnije nekoliko metara na izlasku iz korugatora do prostora za paletizaciju se obavlja trakastim konvejerom proizvođača Minda. Slika 60. prikazuje trakasti konvejer prilikom instalacije prošle godine.

⁴ Intenzivnosti su prikazane u obliku x/y/z pri čemu su: x-masa u tonama, y-broj paleta i z-površina proizvedenih kartona u tisućama m².



Slika 60. Trakasti konvejer prilikom instalacije

Ovaj sustav obavlja paletizaciju kartonskih ploča koje preuzimaju viličari i odvoze do privremenog skladišnog prostora. Odavde se prevoze do strojeva Bobst 160S i Martin 924 prema potrebi. Viličari također prevoze palete gotovih kutija do linije za omatanje i skladišta finalnih proizvoda.

Mogućnost implementacije transportnog sustava koji bi većim djelom zamijenio viličare obrađivat će se u sljedećim poglavljima.

5. MOGUĆNOSTI UNAPRJEĐENJA PROIZVODNOG PROCESA

5.1. Konvejeri i prostor odlaganja

Gotovo sav transport materijala u Dunapacku obavlja se viličarima. Dio koji se ne obavlja viličarima se odnosi na konvejerski sustav za paletizaciju (Slika 61., desno od laboratorija). Sav materijal koji izlazi iz korugatora (kartonske ploče) prelazi preko konvejerskog sustava i postavlja se na palete. Nakon paletizacije, viličari preuzimaju materijal i obavljaju sav unutarnji transport. Viličarom se obavlja i transport sirovina do korugatora, što je početna faza proizvodnog procesa. Dnevno se proizvodi oko 280 000 komada kartonskih ploča, što čini 550 paleta na dan. Sustav za paletizaciju transportira sav taj materijal, a nakon paletizacije nekoliko viličara (ovisno o zauzetosti) prevoze 550 paleta do međuoperacijskog prostora, a nakon toga i do strojeva (oko 35 paleta na sat⁵).

Transportiranje paleta viličarima može prouzročiti razna oštećenja na proizvodnim strojevima jer viličari prolaze između i oko samih strojeva gdje nema puno prostora. Isto tako, moguća su oštećenja paleta i samog materijala koji se prevozi uslijed rasipanja. To se ne događa često, ali na mjesečnoj razini se događa nekoliko rasipanja materijala, a godišnje nekoliko manjih oštećenja strojeva.

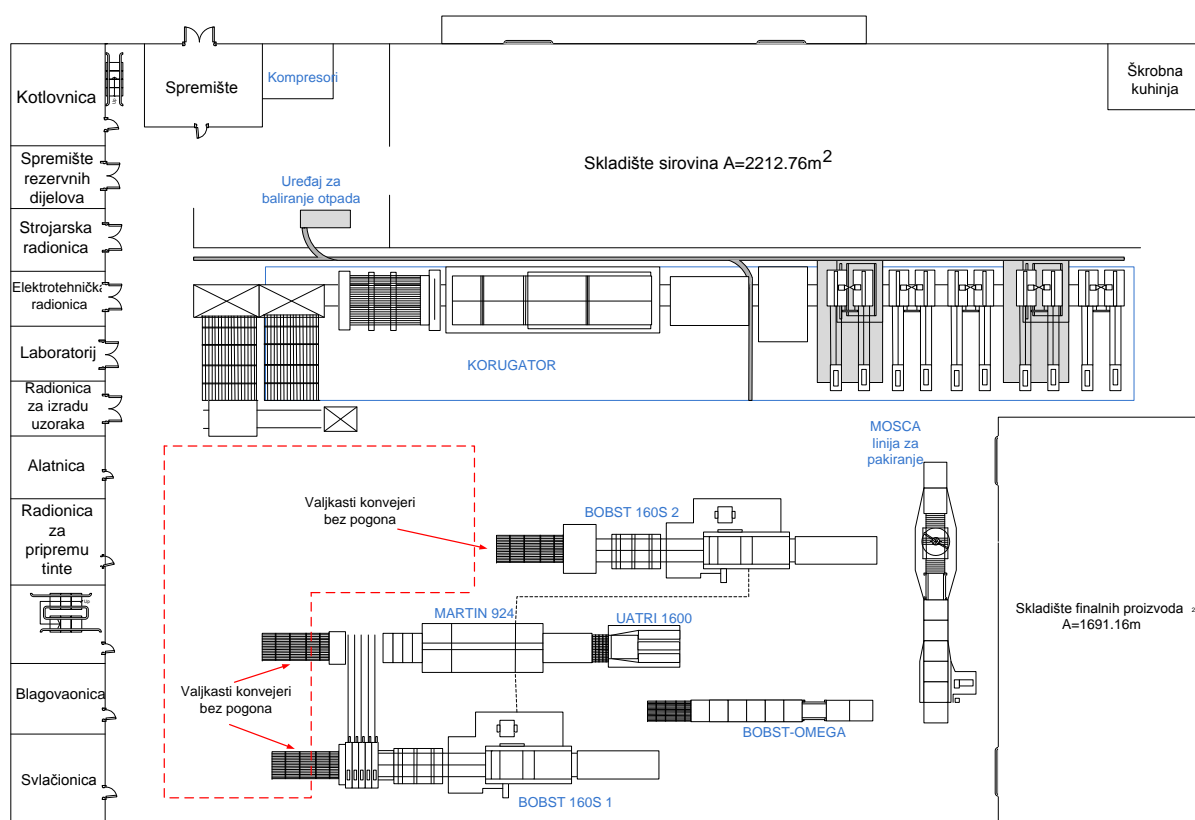
Transportni proces mogao bi se unaprijediti oslobađanjem prostora između strojeva od transportnih putova viličara i iskorištavanjem prostora naznačenog na slici 61. (crveno uokvireno) za novi transportni sustav.

Uvođenjem novog, modernog transportnog sustava mogla bi se smanjiti ovisnost o viličarima, ali i ne potpuno ukloniti. U trenutačnoj konfiguraciji i rasporedu tvornice teško je ili nemoguće implementirati sustav za vraćanje paleta do izlaza iz korugatora i uvijek postoje neke sporedne radnje i mali transporti za koje su viličari najpraktičniji. Razlog tome je nedostatak prostora i visoka cijena takvog sustava. Da bi se takav sustav mogao instalirati, strojevi bi se morali pomicati što bi zaustavilo proizvodnju na neko vrijeme, i ugrozilo cijelu proizvodnju. Uz to, takav sustav implicira i automatizirani skladišni sustav, što zbrojeno čini veliku investiciju i veliki gubitak vremena pri instalaciji. Uz trenutno stanje proizvodnog

⁵ Uzimajući u obzir dvije smjene od ukupno 16 radnih sati.

procesa i konfiguracije tvornice, takva investicija nije razborita. Zbog toga se predlaže implementacija manjeg sustava koji bi većinski zamijenio viličare. Pretpostavka je da su viličari preskupi⁶ za korištenje te da se novim sustavom mogu ostvariti velike uštede, što će se pokušati i dokazati.

Razmotrit će se mogućnost implementacije sustava konvejera i transportnih vozila koji bi djelovali u području između kraja korugatora i ulaza u strojeve Bobst 160S i Martin 924. Slika 61. prikazuje prostor između korugatora i ostalih strojeva gdje postoji mogućnost implementacije transportnog sustava (crveno uokvireno).



Slika 61. Prostor za transportni sustav

Da bi se oslobodio prostor potreban za novi sustav, valjkasti konvejeri ispred strojeva naznačeni na slici 61. morali bi se ukloniti i zamijeniti pogonjenim konvejerima. Postojeći trakasti konvejer na izlazu iz korugatora (na slici desno od laboratorija) bi se koristio, ali ne za paletizaciju. Kad bi svi strojevi bili povezani transportnim sustavom, ne bi bilo potrebe za paletizacijom kartonskih ploča, one bi se prevozile na trakastim konvejerima do međuprostora

⁶ Postavke se prije svega odnose na želju za postizanjem što više tehnološke razine, pa se niska cijena rada zasad ostavlja izvan razmatranja.

i na kraju do strojeva. Tek nakon obrade na strojevima gotove bi se kutije stavljale na palete. Time bi se smanjio broj paleta i potreba za velikim brojem pojedinačnih transporata.

Zamišljeni transportni sustav imao bi ulogu transportiranja kartonskih ploča do strojeva za drugu fazu proizvodnje, odnosno proizvodnju gotovih kutija. U tom transportnom procesu morala bi se omogućiti faza čekanja koja bi se postigla držanjem materijala na konvejerima, čime bi oni imali funkciju međuspremnik. Skladišni međuspremnik se sastoji od više redova serijski spojenih trakastih konvejera. Utovar i istovar kartonskih ploča izvodilo bi prijenosno vozilo na tračnicama. Slika 62. prikazuje tipični izgled trakastog prijelaznog sustava, sličnog onom koji bi se instalirao i u Dunapacku.



Slika 62. Primjer trakastog prijelaznog sustava [14]

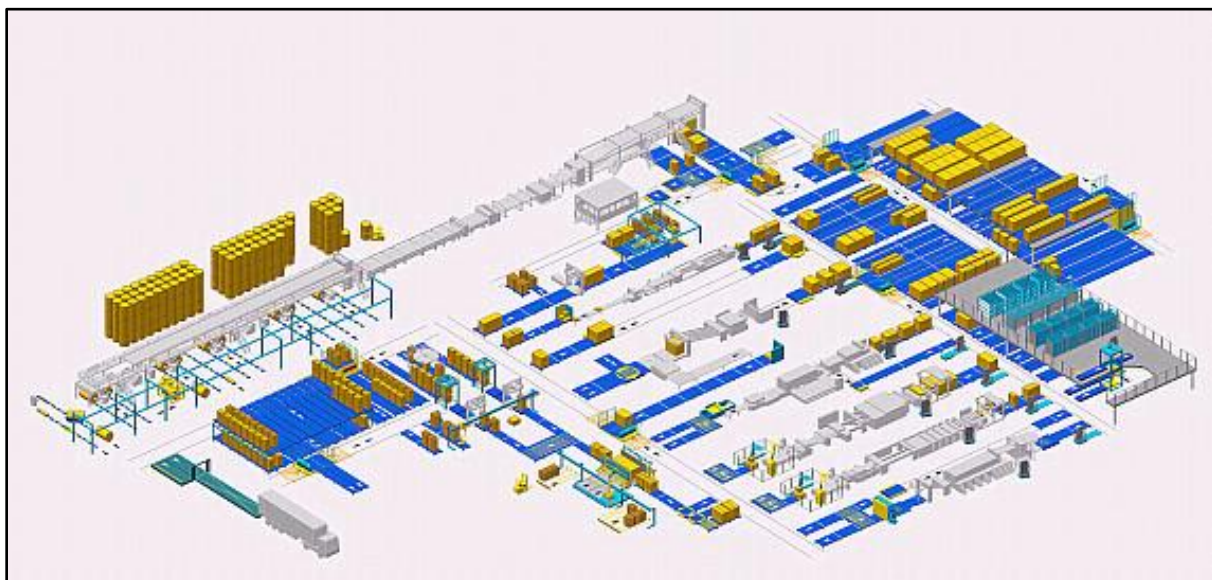
Ovakav sustav omogućio bi sigurniji transport kartonskih ploča, bez trzaja i vibracija kao što je slučaj na viličaru gdje se povremeno zbog nepažnje događa rasipanje ploča s palete. Ovim sustavom bi se to izbjeglo i postigla veća razina produktivnosti.

Zbog načina obrade ploča na strojevima Martin 924 i Bobst 160S 1 i 2, gdje se za svaki nalog stroj posebno podešava, poluautomatska izvedba transportnog sustava bila bi najpraktičnija. To se prvenstveno odnosi na drugo tračno vozilo i trakasti konvejer pridružen stroju. Kada je stroj spreman za rad na sljedećem nalogu, operator bi dao signal preko kontrolne ploče, prijelazni međuspremnik bi prebacio skup kartonskih ploča na tračno vozilo koje bi tada prebacilo ploče na trakasti konvejer određenog stroja. Zasebni segmenti konvejera mogu biti opremljeni senzorima koji detektiraju položaj stoga kartonskih ploča i osiguravaju pravilno pozicioniranje kartonskih ploča. Naravno, sustav bi morao biti složen od trakastih konvejera u

segmentima da se omogući individualno pomicanje kartonskih ploča kakvo je i potrebno u međuoperacijskom prostoru.

Zbog prostorne ograničenosti, mogućih kvarova i zastoja proizvodnje, potrebno je ostaviti mogućnost paletizacije neposredno iza korugatora. Tako u slučaju zastoja viličar može preuzeti ploče bez da se zaustavlja korugator, ako to nije apsolutno potrebno. Bilo bi vrlo skupo i neproduktivno pauzirati proizvodnju na korugatoru zbog zastoja na drugom stroju kad bi se međuoperacijski prostor napunio. U ovakvoj tvornici gdje nije zamišljen takav transportni sustav u projektu, teško je implementirati sustav koji bi u potpunosti zamijenio viličare. Oni će uvijek biti potrebni, ali u smanjenom broju.

Implementacijom transportnog sustava u Dunapacku ne bi se mogla postići razina organiziranosti i produktivnosti kao u tvornicama koje su u potpunosti opremljene automatiziranim transportnim sustavima, ali bi se omogućilo podizanje razine proizvodnje na viši stupanj organiziranosti i funkcionalnosti, drugim riječima jednostavnija proizvodnja s manje troškova. Bio bi to prijelazni oblik prema potpunoj automatizaciji.



Slika 63. Prikaz tvornice s automatiziranim transportnim sustavom [15]

5.2. Analiza postojećih transportnih sredstava

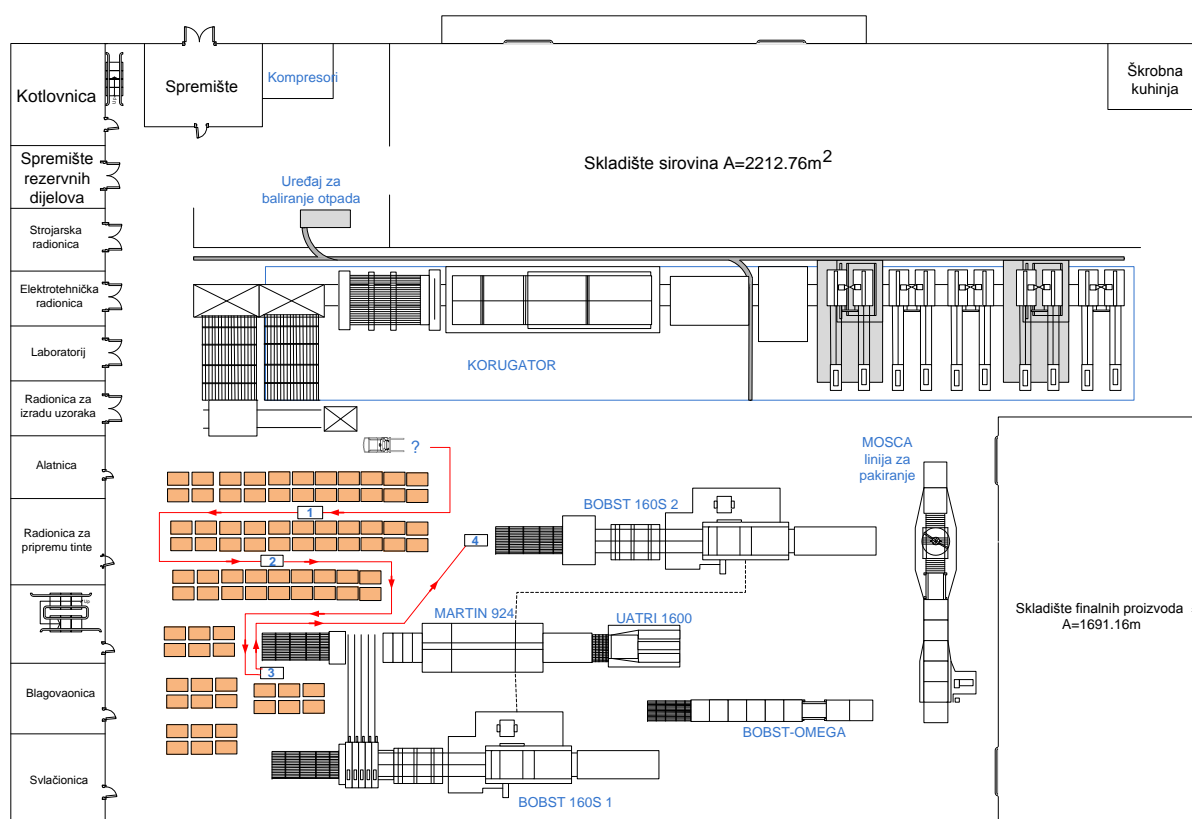
Kao što je već rečeno, postojeći transportni sustav se sastoji od devet viličara od kojih je osam viličara tipa Hyster H2.0FTS, a jedan je Jungheinrich DFG500.

Viličari Hyster H2.0FTS se koriste za transport kartonskih ploča i gotovih proizvoda između strojeva i skladišta.

Viličar Jungheinrich DFG500 se koristi za transport sirovina iz skladišta sirovina do korugatora.

U transportni sustav spadaju i sustav trakastih konvejera i tračno vozilo koji se koriste za paletizaciju. Trakasti konvejeri u ovom sustavu prevoze materijal samo nekoliko metara, ali transport im je jedina funkcija tako da se mogu svrstati u transportni sustav tvornice.

Slika 58. daje prikaz općenitih tokova materijala u tvornici Dunapack. Da bi se ti tokovi ostvarili, viličari često moraju prelaziti veće udaljenosti nego što su realne udaljenosti strojeva između kojih transportiraju materijal što znači i veći utrošak vremena. Glavni razlog tome je prostor za međuoperacijsko odlaganje. Sadržaj i dimenzije međuprostora konstantno se mijenjaju, ovisno o proizvodnji korugatora i radu ostalih strojeva. Način slaganja paleta u tom prostoru ovisi o vozačima viličara. Ta činjenica rezultira dodatnim gubljenjem vremena zbog traženja određenih paleta u međuprostoru. To je čest slučaj u vremenima kod početka nove smjene kada novi vozači dođu na posao. Vremenski to i nije veliki problem, ali se time povećava potrošnja plina, pogotovo ako se uzme dulji vremenski period. Slika 64. prikazuje međuoperacijski prostor s putanjom viličara koji treba pronaći određenu paletu i transportirati ju do stroja.



Slika 64. Putanja viličara u prostoru međuoperacijskog odlaganja

Ovdje je prikazan jedan od mogućih slučajeva transportiranja paleta do stroja. Smeđi kvadrati predstavljaju palete s pločama valovite ljepenke. Vozač viličara dobiva zadatak transportiranja palete određenih ploča valovite ljepenke do stroja Bobst 160S 2. Ako vozač ne zna gdje se nalazi određeni materijal, morat će proći međuoperacijskim prostorom dok ne nađe određenu paletu. Može se dogoditi da prođe pozicije 1 i 2, i tek na poziciji 3 nalazi potrebnu paletu. Nakon toga transportira paletu do stroja Bobst 160S 2 (pozicija 4) i po potrebi se vraća po ostale palete, čija je lokacija sada vozaču poznata.

U međuvremenu, drugi viličar ima zadatak transportiranja proizvedenih ploča od korugatora do slobodnog mjesta u međuoperacijskom prostoru. Trenutno je jedino slobodno mjesto gdje može transportirati paletu na poziciji 3, gdje je prethodni viličar uzeo paletu i tako oslobodio prostor. Prostor u proizvodnoj hali gdje se odlažu palete se koristi koliko god je moguće, ali tako da se ne ometa proizvodnja i da je ostavljeno dovoljno mjesta za neometan prolazak viličara.

Slični uzorci transportiranja se događaju i nakon obrade ljepenke na strojevima, kada ih je potrebno transportirati do linije za zamatanje pa u skladište, ili direktno u skladište. Odluke o transportiranju i smještaju paleta su ostavljene vozačima viličara, a zbog nedostatka ili premalo komunikacije između njih, događa se upravo situacija prikazana na slici 64. Kao posljedica, događa se povećano trošenje resursa i energenata viličara koje bi se moglo izbjeći boljom organizacijom ili uvođenjem novog transportnog sustava.

Izračun troškova eksploatacije viličara

Viličari Hyster H2.0FTS su kupljeni nakon izgradnje tvornice od tvrtke Euromarkt. Trenutna cijena jednog viličara 187 000 kuna što će se uzeti kao podatak za analizu. Ugovorom o nabavi je definirano da održavanje obavlja tvrtka Euromarkt, a troškove snosi Dunapack. Ukupna cijena kupovine viličara je 1 496 000 kn.

Tablica realiziranih aktivnosti održavanja viličara dobivena od voditelja održavanja u Dunapacku pokazuje veliki broj servisa i popravaka viličara. U prvih devet mjeseci ove godine izvršeno je 151 pojedinačnih aktivnosti održavanja s ukupnim trajanjem od 17 375 minuta, odnosno 289,3 sati. To znači da 289,3 sati, što ispada oko 18 radnih dana, jedan viličar nije bio u upotrebi. Mjesečni troškovi održavanja ovise o broju aktivnosti u tom mjesecu i kreću se oko 30 000 kn, ali ponekad narastu i do 50 000 kn.

Potrošnja viličara se kreće oko jedne boce plina po smjeni. Drugim riječima, viličar troši oko 20 kilograma plina na 8 sati. U rujnu je potrošeno 500 boca plina, a s obzirom da je u upotrebi osam plinskih viličara, to znači da je svaki viličar odradio 62,5 smjene, odnosno 500 radnih sati u mjesec dana. Ove brojke predstavljaju prosjek i mogu se uzeti i kao podaci za prijašnje mjesece.

U proračun se treba uračunati i plaće vozača viličara. Ako je vozača 20, i ako je bruto plaća 5000 kn tada su mjesečni troškovi za plaće vozača 100 000 kn.

Tablica 15. daje pregledniji prikaz ukupnih troškova upotrebe viličara. Ovi podaci nisu sasvim precizni iz više razloga. Podaci o plaćama nisu dostupni, isto kao i točna potrošnja

plina po mjesecu. Podaci o potrošnji plina i plaće vozača su procjena vođitelja održavanja u Dunapacku prema prijašnjim iskustvima. Iako troškovi variraju svaki mjesec, ovi podaci su dobar pokazatelj prosječnih troškova i mogu se uzeti kao relevantni u analizi.

Tablica 15. Troškovi eksploatacije viličara

	Mjesečno (kn)	Godišnje (kn)
Troškovi održavanja	30 000	360 000
Cijena energenta ⁷	82 300	987 600
Plaće vozača	100 000	1 200 000
UKUPNO	212 300	2 547 600

Spomenuto je da je cijena kupovine osam viličara Hyster H2.0FTS iznosila 1 496 000 kn. Ako se uzme u obzir da je prosječno vrijeme eksploatacije viličara 8 do 10 godina, znači da je godišnja cijena kupovine viličara 166 222 kn⁸. Kada to pribrojimo ukupnoj vrijednosti troškova na godišnjoj razini dolazimo do ukupno **2 713 822 kn⁹** troškova godišnje.

5.3. Predviđanje cijene eksploatacije konvejskog transportnog sustava

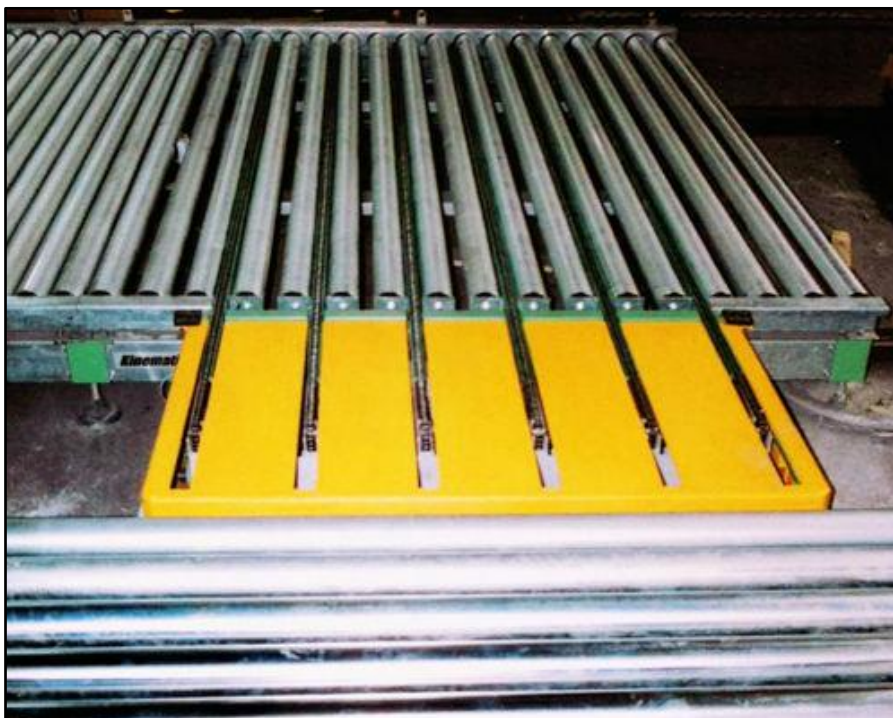
Cijena eksploatacije, uz podizanje organizacijske razine, je glavni razlog uvođenja transportnog sustava sastavljenog od konvejera. Takav sustav ima veću početnu cijenu, ali troškovi eksploatacije su značajno manji čime bi se nadoknadila razlika u početnoj investiciji nakon određenog perioda. Sustav konvejera je pokretan asinkronim elektromotorima što znači da je sustavu potrebna električna energija. Uz električnu energiju, komponente kao što je tračno vozilo zahtijevaju i stlačeni zrak, koji je vrlo jednostavno dostaviti jer tvornica već posjeduje sustav za proizvodnju i distribuciju stlačenog zraka. Stlačeni zrak je potreban za pneumatske jastuke koji se nalaze u tračnim vozilima, a služe za podizanje lančanika koji pomiču teret okomito na os valjaka. Slika 65. prikazuje tračno vozilo za prijevoz valovite ljepeke i paleta. Valjci pomiču materijal lijevo-desno, dok se lančanici po potrebi dižu i

⁷ Cijena je izračunata prema trenutnoj cijeni plina od 8,23 kn po kilogramu.

⁸ Izračunato za vrijeme eksploatacije od 9 godina (srednja vrijednost).

⁹ Ukupna cijena korištenja 8 viličara Hyster H2.0FTS u periodu od 1 godine.

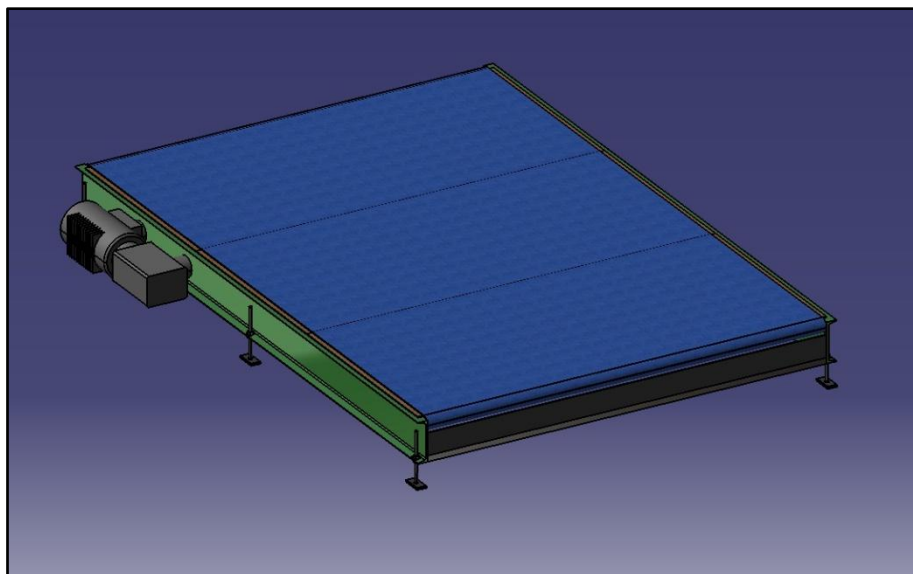
pomiču materijal naprijed-natrag. Takvo tračno vozilo, osim što se giba po tračnicama, ima mogućnost pomicanja materijala u dvije ravnine.



Slika 65. Tračno vozilo za prijevoz paleta

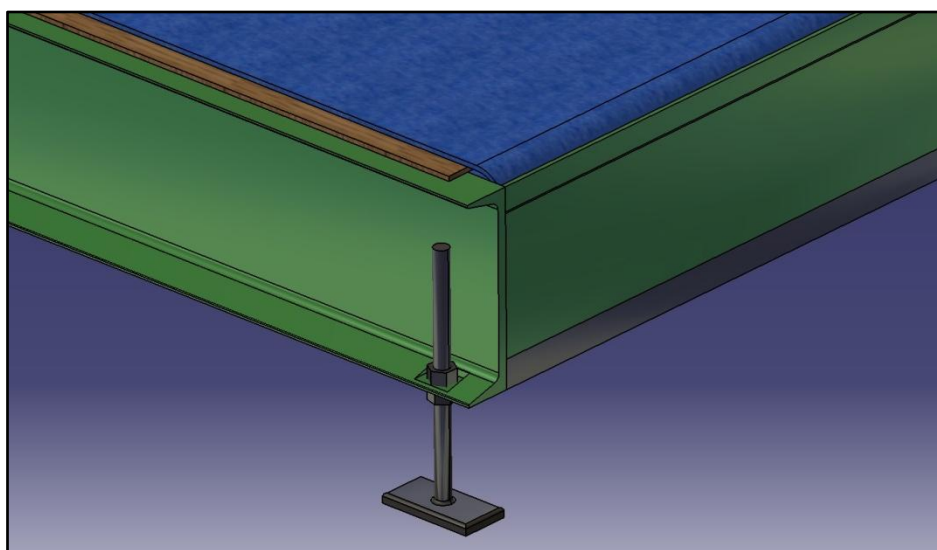
Ovakva vozila se koriste zajedno s konvejerima jer predstavljaju najjednostavniji način prebacivanja paleta ili stogova valovite ljepenke s konvejera.

Valjkasti i trakasti konvejeri duljine oko 3 m i širine 2 m obično imaju asinkroni motor snage 2 kW. Ta snaga je dovoljna za pokretanje valovite ljepenke koja se nalazi na konvejeru. Ako bi se koristio jači motor, često bi bio premalo opterećen čime bi mu se smanjila efikasnost. Slika 66. prikazuje CAD model trakastog konvejera primjerenog za industriju valovite ljepenke. Ovaj i naredni CAD modeli nastali su tijekom izrade ovog diplomskog rada uporabom programskog paketa CATIA V5. Konvejeri različitih proizvođača se razlikuju konstrukcijski i prema drugim obilježjima, kao što je upotreba različitih modela električnih motora, korištenje različitih upravljačkih jedinica, itd. Modeli konvejera izrađeni za potrebe ovog rada izgledom su i karakteristikama najbliži konvejerima proizvođača MINDA Industrieanlagen GmbH [15]. Ovi konvejeri imaju glavnu čeličnu konstrukciju obojanu u zeleno, a plastične trake za pomicanje tereta su plave.



Slika 66. CAD model trakastog konvejera

S lijeve strane je vidljiv asinkroni motor koji pokreće traku. Na čelični okvir se pričvršćuju ostale komponente kao što je motor, lančani sustav za prijenos snage koji okreće valjke i time traku. Traka je obično sačinjena od plastičnih segmenata i kliže po drvenim pločama koje su postavljene s gornje strane okvira. Korištenjem drveta se smanjuje cijena i masa uređaja. Ovakvi konvejeri su primjereni za transport stogova valovite ljepenke bez paleta. Za prijevoz paletiziranih proizvoda obično se koriste valjkasti konvejeri koji nisu osjetljivi, kao što je plastična traka. Slika 67. prikazuje detalj konvejera. Vidljiv je nosač prilagodljive visine pričvršćen na UNP čelični profil koji čini glavnu konstrukciju. Također je vidljiva drvena ploča po kojoj traka kliže.



Slika 67. Detalj trakastog konvejera

Bilo da se radi o trakastim ili valjkastim konvejerima, izračun potrošne energije je jednak. U nastavku slijedi jednostavan način izračuna troškova eksploatacije ovakvih konvejera.

Godišnji troškovi, koje ćemo označiti sa T_{god} [kn] mogu se izraziti sljedećom jednadžbom:

$$T_{god} = \frac{P_m}{\eta_m} \cdot L \cdot h_{god} \cdot c_{el} \quad (1).$$

pri čemu su:

P_m - snaga motora [kW]

η_m - stupanj iskoristivosti [%]

L - omjer opterećenja i maksimalne snage

t_{god} - sati rada u jednoj godini [h]

c_{el} - cijena električne energije [kn/kWh].

Pretpostavit će se da konvejer ima motor snage $P_m = 2 \text{ kW}$ sa stupnjem iskoristivosti $\eta_m = 0,852$. Omjer opterećenja i maksimalne snage je teško procijeniti i ta se veličina uvijek mijenja pa se uzima vrijednost $L = 0,77$ kao prosječna vrijednost. U prosjeku se radi dvije smjene od 8 sati na dan, što uz šest radnih dana tjedno daje godišnji rad od $t_{god} = 4992 \text{ h}$. Tu brojku možemo smanjiti na $t_{god} = 4500 \text{ h}$ zbog praznika, zastoja i slično. Trenutna cijena električne energije je $c_{el} = 0,58 \text{ kn/kWh}^{10}$.

Kad se podaci uvrste u jednadžbu (1) dobiva se:

$$T_{god} = \frac{2}{0,852} \cdot 0,77 \cdot 4500 \cdot 0,58 = \mathbf{4717,32 \text{ kn}^{11}}.$$

Tome treba pribrojiti troškove održavanja koji nisu visoki, najskuplja komponenta je motor i uređaj za upravljanje. Ostali troškovi se mogu opisati kao zamjena pokojeg ležaja, segmenta trake, podmazivane unutarnjeg mehanizma i slično. Cijena takvog održavanja je do 2000 kuna

¹⁰ Trenutna cijena za poduzetništvo za srednji napon prema cjeniku HEP-Opkrbe d.o.o.

¹¹ 8133,8 kWh po cijeni od 0,58 kn/kWh

godišnje. Prema tome, ukupna cijena eksploatacije jednog konvejskog segmenta godišnje je oko 6500 kuna.

Zbog usporedbe s cijenom eksploatacije viličara, pretpostavit će se transportni sustav sastavljen od 50-ak¹² segmenata konvejera. To daje ukupnu cijenu eksploatacije konvejskog sustava godišnje od **325 000 kn**.

Ovakav sustav bi zahtijevao mnogo manje operatora nego što je to sada potrebno vozača viličara. Broj operatora bi ovisio o stupnju automatizacije novog transportnog sustava. Ako bi se nabavljao potpuno automatizirani sustav, teoretski nije potreban niti jedan operator, ali je početna investicija nabave takvog sustava mnogo veća. Ako bi se kupovao sustav kojim je potrebno upravljati, početna investicija bi bila mnogo manja, a broj potrebnih operatora bi bio između pet i deset. Kada se plaće operatora dodaju izračunatoj cijeni eksploatacije konvejera, dolazi se do iznosa **709 000 kn** (Tablica 16.).

Tablica 16. Usporedba cijene viličara i konvejskog sustava

	Viličari	Konvejski sustav	Razlika
Početna investicija	1 496 000 kn ¹³	5 000 000 kn ¹⁴	3 504 000 kn
Troškovi eksploatacije (godišnje)	2 547 600 kn	709 000 kn	1 838 600 kn

Tablica 16. pokazuje znatno veću početnu investiciju za konvejski sustav i znatno manju cijenu eksploatacije. Godišnje bi se moglo uštedjeti **1 838 600 kn** te bi se razlika u početnoj investiciji (**3 504 000 kn**) nadoknadila u dvije godine. Ako bi se nabavljao skuplji konvejski sustav, cijena eksploatacije bi bila ista ili slična, jedino bi se produljio period vraćanja početne investicije.

¹² Pretpostavka da je 50-ak konvejera dovoljno za uspostavu novog transportnog sustava u tvornici Dunapack d.o.o.

¹³ Cijena 8 viličara Hyster H2.0FTS

¹⁴ 40 konvejskih segmenata po cijeni 75 000 kn + troškovi instalacije konvejera

5.4. Uvođenje novog stroja za preradu kartonskih ploča

Analiza proizvodnog sustava je pokazala veliku razliku kapaciteta korugatora i ostalih proizvodnih strojeva. Tablica 5. prikazuje potrošnju sirovina koja je pokazatelj kapaciteta korugatora. Proizvodne količine variraju i do 30% na mjesečnoj razini, što otežava procjene i proračune. Zbog toga, uzima se prosječna vrijednost od 3000 t materijala mjesečno, uzimajući u obzir visinu oscilacija proizvodnih količina kao faktor kod odabira novog proizvodnog stroja.

Dnevno korugator proizvodi oko 280 000 kartonskih ploča (dvije smjene dnevno po osam sati), što čini oko 560 paleta. Teorijski kapaciteti strojeva Bobst 160S 1, 2 i Martin 924 su ukupno 22 000 komada ploča na sat, što se nikada ne postiže u praksi. Te količine bi se postigle kada bi strojevi radili neprekidno, ali uz mnogo naloga i potrebe za pripremom strojeva, realni kapaciteti su i do 50% manji. Prema tome, ostvaruje se kapacitet od otprilike 11 000 komada na sat, odnosno 176 000 komada dnevno.

Očita je velika razlika u kapacitetima, koja se trenutno kompenzira korištenjem prostora međuoperacijskog odlaganja kartonskih ploča. Rješenje za smanjenje količina materijala u međuoperacijskom prostoru je nabava novog stroja za preradu kartonskih ploča. Dnevna razlika od 100 000 komada ploča bi se mogla nadoknaditi strojem koji bi imao realni kapacitet oko 6250 komada na sat, odnosno teorijski kapacitete 12 000 ili više komada na sat. Isto tako, zbog prostornih i kapacitivnih ograničenja, potrebno je da novi stroj bude tzv. *in-line* stroj. Drugim riječima, mora sadržavati sve komponente potrebne za potpunu preradu kartonskih ploča u gotove proizvode (poput stroja Martin 924).

Odabrani stroj koji zadovoljava sve uvjete je Bobst FFG 924 FP. Slika 68. prikazuje odabrani stroj.



Slika 68. Bobst FFG 924 FP

Ovaj stroj je primjeren za upotrebu u proizvodnji valovite ljepenke i ima teorijski kapacitet od 18 000 komada na sat.

Stroj se sastoji od nekoliko funkcionalnih komponenti – Tablica 17.

Tablica 17. Komponente stroja Bobst FFG 924 FP

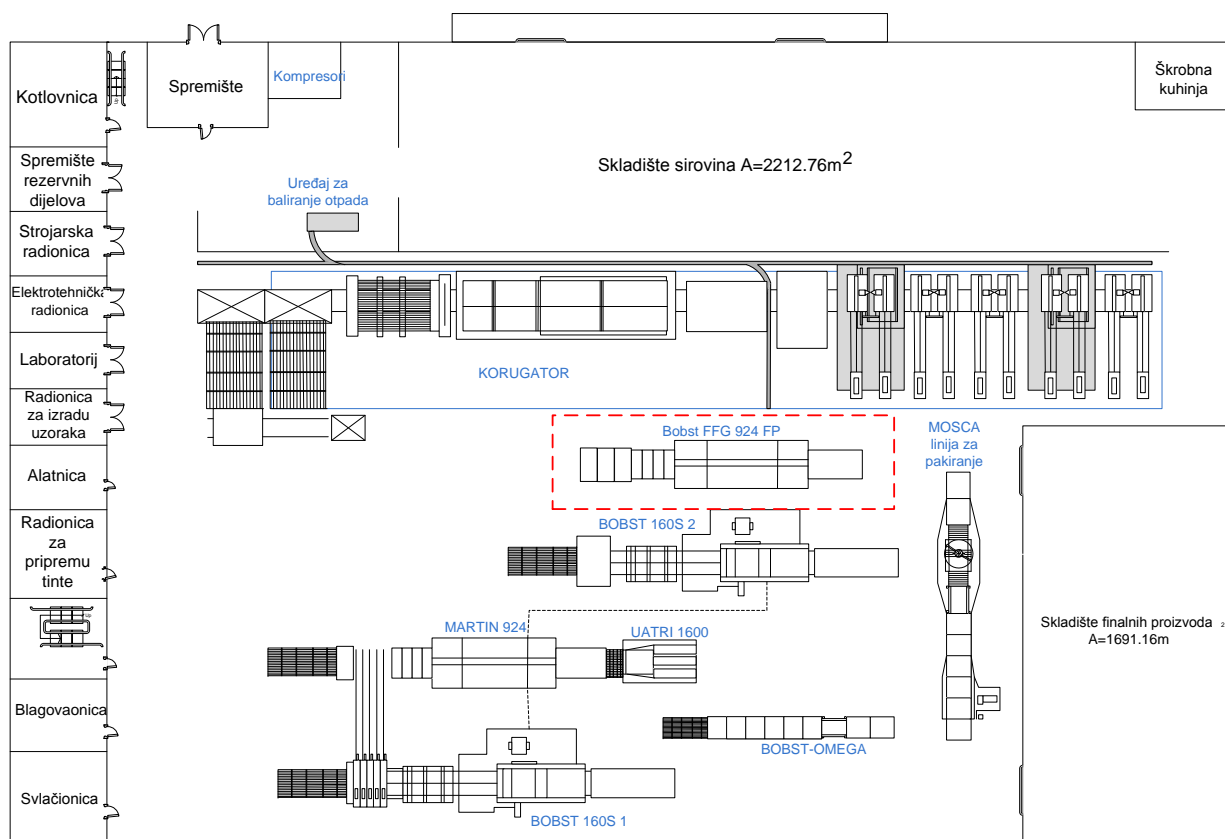
	<ul style="list-style-type: none"> • Ulagáč - sustav za umetanje kartonskih ploča s nezavisnim pogonom i vakuumskim sustavom za držanje ploča. Primjeren za manipulaciju troslojnih i peteroslojnih ploča
	<ul style="list-style-type: none"> • Bojanici – devet komponenti za tisak s devet boja. Vakuumski sustav za manipulaciju pločama; integrirani sustav za pranje
	<ul style="list-style-type: none"> • Rotacijski alat za rezanje – omogućuje veliku brzinu obrade, mogućnost brze izmjene.
	<ul style="list-style-type: none"> • Sustav za odstranjivanje otpada – ova komponenta sadrži puhače i četke koje odstranjuju otpad koji ostaje nakon rezanja
	<ul style="list-style-type: none"> • Lijepilica – savijačica – Sustav remena i vakuumskih držača, nanosi se lijepilo i presavijaju odštancane kartonske ploče
	<ul style="list-style-type: none"> • Sustav za vezivanje i brojanje – stogovi obrađenih kutija se broje i vežu plastičnim trakama.

Tablica 18. prikazuje neke od karakteristika stroja Bobst FFG 924 FP.

Tablica 18. Karakteristike stroja Bobst FFG 924 FP

Bobst FFG 924 FP	
Debljina kartonskih ploča	od 1.2 mm do 10 mm
Vrste valova	A,B,C,D,E,EF,EB,BC,AC,AB
Dimenzije kartonskih ploča	od 600 mm do 2490 mm
Kapacitet	18 000 komada na sat
Duljina stroja	25,3 m
Širina stroja	6,67 m
Masa stroja	52 t

Teorijski kapacitet je 18 000 komada na sat, što znači da bi realni kapacitet bio između 9 000 i 10 000 komada na sat, odnosno 144 000 do 160 000 komada na dan. Prema tome, razlika u kapacitetima korugatora i ostalih strojeva (oko 100 000 komada dnevno) bi se pokrila. Stroj bi se mogao smjestiti između stroja Bobst 160S 2 i korugatora (crveno uokvireno). Slika 69. pokazuje tlocrt tvornice i moguću poziciju novog stroja.



Slika 69. Tlocrt tvornice nakon postavljanja novog stroja

Upotrebom novog stroja ujednačili bi se kapaciteti korugatora i ostalih proizvodnih strojeva, što znači da bi se međuoperacijski prostor koristio za transport materijala do proizvodnih strojeva. Potreba za skladištenjem bi se smanjila, a materijal bi se skupljao u međuoperacijskom prostoru samo kao posljedica zastoja ili kvarova. Tablica 19. prikazuje intenzivnosti toka materijala nakon uvođenja novog stroja. Vidljivo je rasterećenje na strojevima Bobst 160S 1 i 2, i posljedično na stroju Bobst-Omega. Veličine se prikazane kao i u tablici 14. (masa/broj paleta/površina obrađenog kartona u tisućama kvadratnih metara).

Tablica 19. Intenzivnost toka materijala nakon uvođenja novog stroja (x/y/z¹⁵, mjesečno)

	Skladište sirovina	Korugator	Prostor odlaganja	Bobst 160S 1	Bobst 160S 2	Martin 924	Bobst FFG 924 FP	Bobst-Omega	Mosca	Skladište proizvoda
Skladište sirovina	-	3000/12000/7000	-	-	-	-	-	-	-	-
Korugator	-	-	3000/12000/7000	-	-	-	-	-	-	-
Prostor odlaganja	-	-	-	500/2000/1166	500/2000/1166	1000/4000/2333	1000/4000/2333	-	-	-
Bobst 160S 1	-	-	-	-	-	-	-	500/2000/1000	-	-
Bobst 160S 2	-	-	-	-	-	-	-	500/2000/1000	-	-
Martin 924	-	-	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-
Bobst FFG 924 FP	-	-	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-
Bobst-Omega	-	-	-	-	-	-	-	-	1000/2000/2000	-
Mosca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3000/6000/6000
Skladište proizvoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁵ Intenzivnosti su prikazane u obliku x/y/z pri čemu su: x-masa u tonama, y-broj paleta i z-površina proizvedenih kartona u tisućama m².

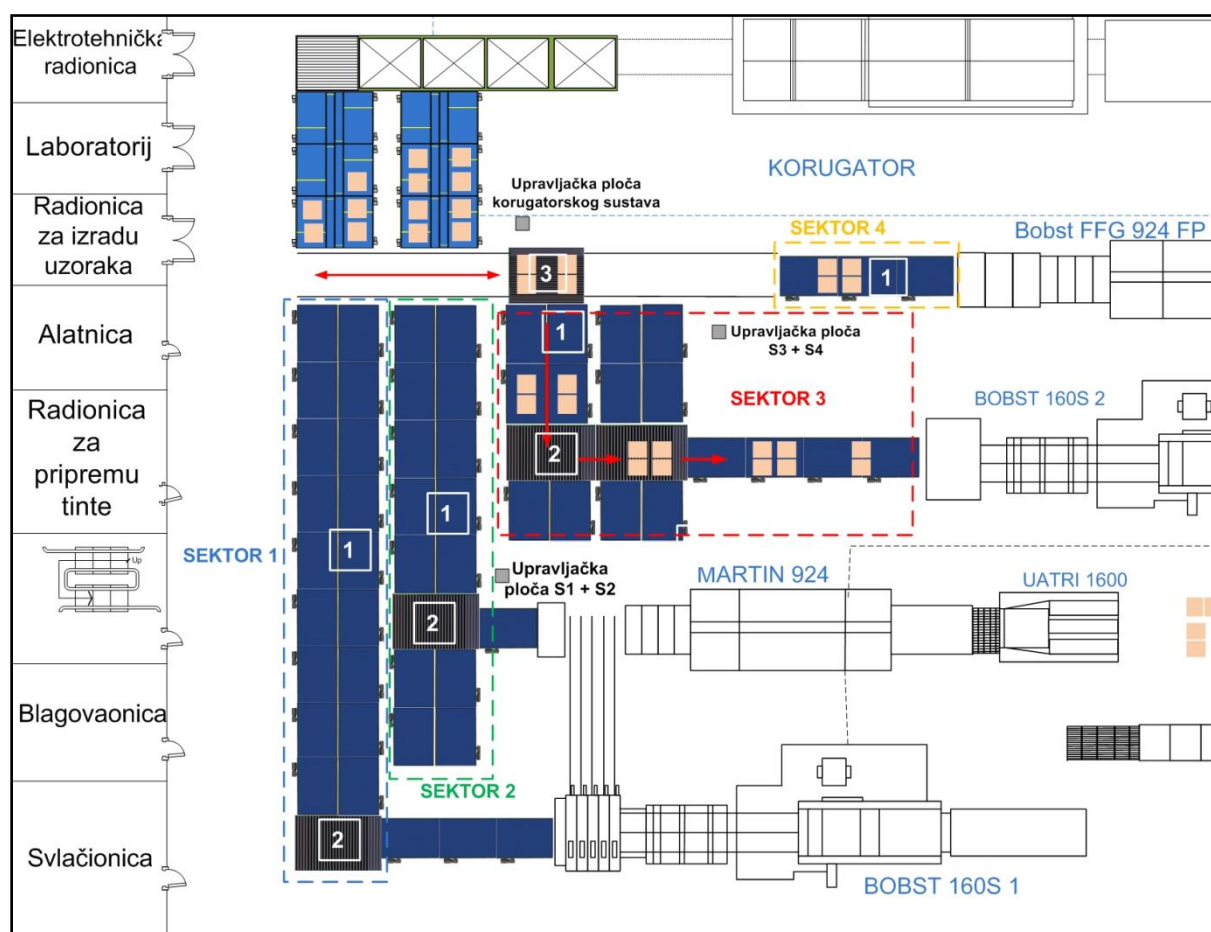
6. KONCEPTI NOVOG TRANSPORTNOG SUSTAVA

U točki 5. nedvojbeno je ustanovljeno da bi se novim transportnim – konvejskim – sustavom, polučila znatna korist. U ovom će se poglavlju detaljnije razraditi dva koncepta:

- transport trakastim konvejerom,
- transport valjkastim konvejerom.

6.1. Koncept s trakastim konvejerima

Ovaj koncept transportnog sustava se sastoji od trakastih konvejera za transport valovite ljepenke (1), valjkastih konvejera s lančanicima za poprečno pomicanje tereta (2) i tračnog vozila (3). Slika 70. prikazuje tlocrt zamišljenog koncepta.

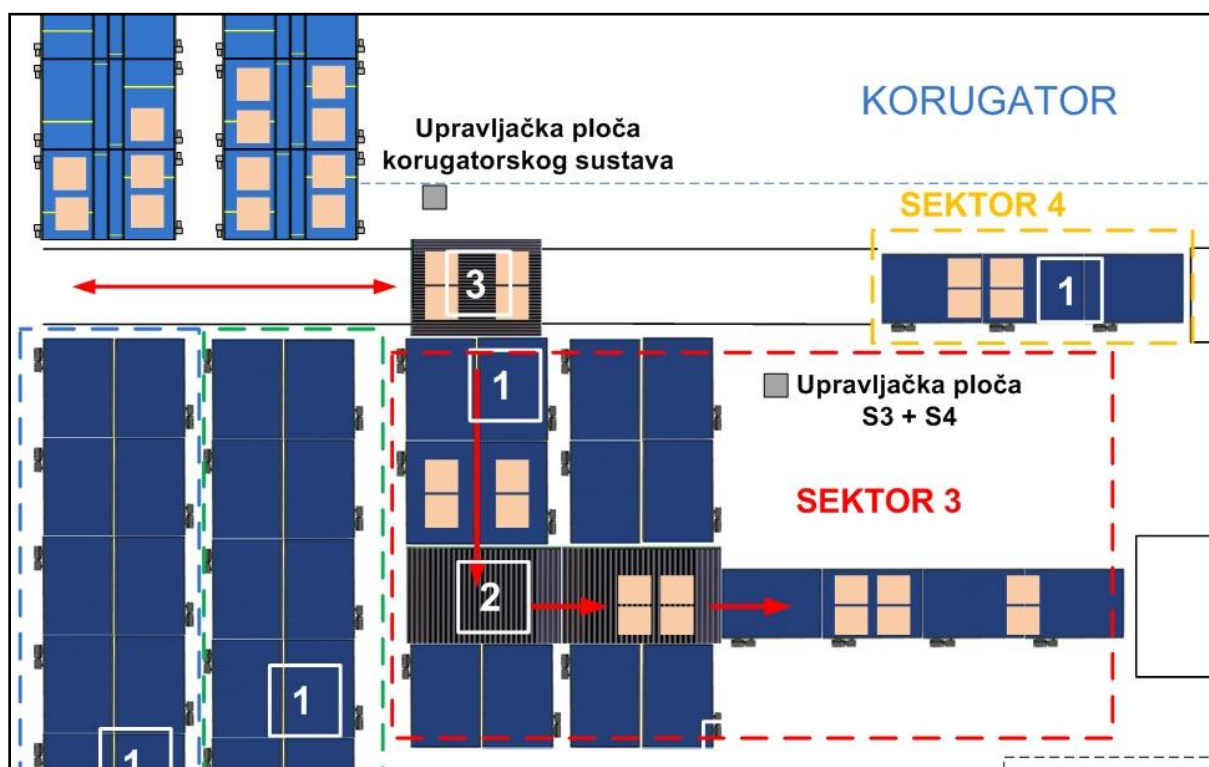


Slika 70. Koncept 1 – transport trakastim konvejerom

Koncept je zamišljen kao sustav podijeljen u četiri sektora, svaki za određeni stroj. Sektor 1 bi se koristio za držanje materijala za stroj Bobst 160S 1, sektor 2 bi se koristio za stroj Martin 924, sektor 3 za Bobst 160S 2, i sektor 4 za novi stroj Bobst FFG 924 FP.

Ovaj koncept ne uključuje nikakve promjene transporta materijala nakon obrade na strojevima od trenutnog stanja, što znači da bi se koristio viličar koji bi prevozio palete s materijalom do linije za pakiranje i potom u skladište.

U ovom konceptu se koriste konvejeri s ručnim upravljanjem koje se obavlja preko upravljačkih ploča. Postojeći sustav trakastih konvejera na izlasku iz korugatora bi ostao i koristio za transport valovite ljepenke do tračnog vozila (3). Tračno vozilo se pomiče po tračnicama što je naznačeno crvenom strelicom, čime dolazi do konvejera u sva četiri sektora. Osim gibanja po tračnicama, tračno vozilo ima valjke kojima pomiče materijal poprečno na smjer gibanja, odnosno od korugatorskih konvejera prema novim konvejerima. Slika 71. prikazuje detalj tlocrta s tračnim vozilom.

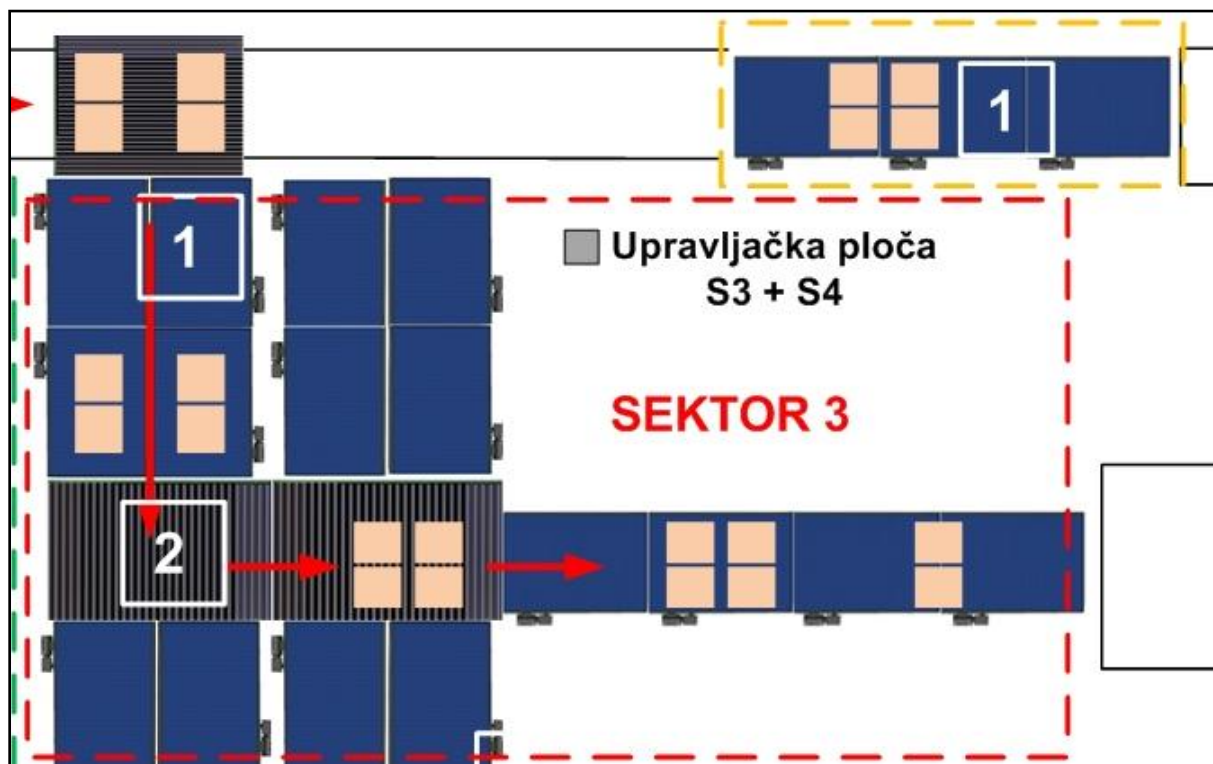


Slika 71. Detalj koncepta 1 – tračno vozilo

Vozilo preuzima valovitu ljepenku, pomiče se do određenog konvejera te prebacuje materijal na novi trakasti konvejer. Brzina valjaka na vozilu i brzina trake na konvejeru trebaju biti

uskladene da ne bi došlo do oštećivanja ljepenke. Upravljanje vozilo bi bilo ručno i moglo bi se obavljati s bilo koje upravljačke ploče. Ta funkcija omogućuje bilo kojem operateru samostalno prebacivanje novog materijala u pripadajući sektor, ovisno o potrebi. Isto tako, upravljanje vozilom bi aktiviralo prvi konvejer na koji se prebacuje materijal, čime se dobiva istovremeno gibanje i izbjegavaju oštećenja ljepenke.

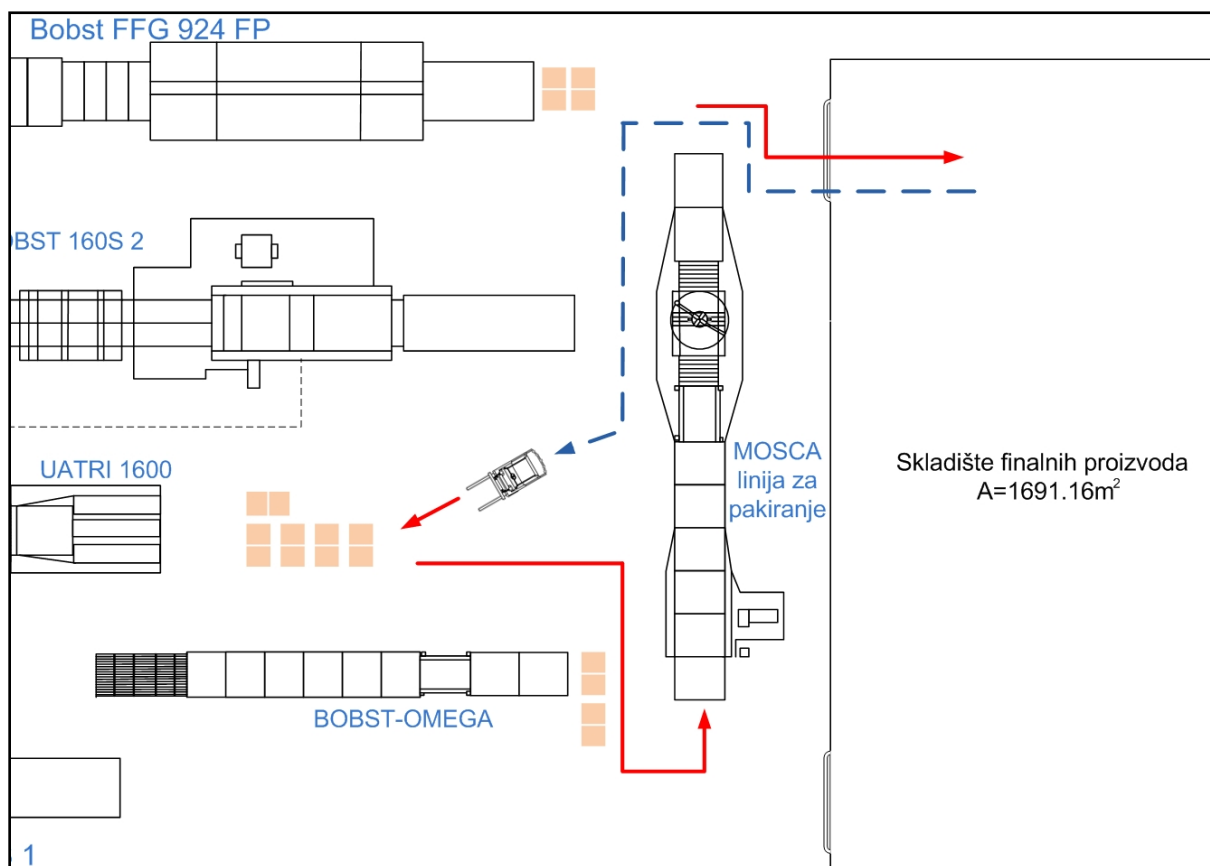
Upravljanje konvejerima u određenom sektoru bi se obavljalo preko pripadajuće kontrolne ploče. Materijal se pomiče do fiksnih valjkastih konvejera koji su označeni brojem 2 na slikama 70 i 71. Upravljanje valjkastim konvejerima bi se također obavljalo upravljačkom pločom sektora u kojem se nalaze.



Slika 72. Detalj koncepta 1 - valjkasti konvejer za promjenu smjera

Slika 72. prikazuje putanju materijala preko fiksnog valjkastog konvejera. Za prebacivanje materijala na konvejer koristi se lančani sustav koji se podiže između valjaka. Sustav pomiče materijal u smjeru protezanja valjaka. Kada je materijal pozicioniran, lančani sustav se spušta i omogućuje valjcima pomicanje materijala prema trakastim konvejerima na ulazu stroja. Materijal bi se prebacivao na isti način u svim sektorima.

S izlazne strane strojeva koristio bi se viličar za transport paleta gotovih proizvoda do linije za omatanje i do skladišta finalnih proizvoda. Ako se viličar kreće u malom prostoru iza strojeva možemo pretpostaviti da ima mogućnost prevoženja oko 40 paleta na sat. Slika 73. prikazuje područje rada viličara.



Slika 73. Detalj koncepta 1 – područje rada viličara

Neka se pretpostavi da strojevi Bobst 160S rade kapacitetom od 2500 komada na sat. Sav materijal koji oni obrade mora još proći kroz Bobst-Omega koji presavija i lijepi odštancane kutije iz Bobsta 160S 1 i 2. Bobst-Omega ima znatno veći kapacitet tako da može obraditi materijal iz oba Bobst 160S strojeva. Prema tome, ima oko 5000 komada gotove ambalaže, koja se slaže na paletu. Na paletu stane oko 800 takvih kutija, što znači da se u sat vremena napuni sedam paleta. Za stroj Martin 924 može se pretpostaviti kapacitet od 6500 komada, odnosno devet paleta. Novi stroj Bobst FFG 924 FP može proizvesti materijala za 10 paleta. Dakle, ukupno se napuni 26 paleta što je znatno manje od mogućnosti viličara.

Kapacitet međuoperacijskog prostora određen je brojem trakastih konvejera i veličinom ploča valovite ljepenke. Iz tablice 20. je vidljivo da ovaj sustav ima 55 trakasta konvejera. Za ovaj

koncept su odabrani konvejeri širine 2 metra i duljine 3 metra. U praksi takvi konvejeri drže dva stoga valovite ljepenke. Stogovi se slažu do visine 1,5 metara, a ako je prosječna debljina valovite ljepenke 3,5 milimetara, onda se u jednom stogu nalazi 420 do 430 ploča valovite ljepenke. Prema tome, cijeli sustav može teoretski pohranjivati 46 200 ploča valovite ljepenke. Ta količina je veća od zbrojenog kapaciteta¹⁶ strojeva Bobst 160S 1, Bobst 160S 2, Martin 924 i novog stroja Bobst FFG 924 FP tako da konvejerski sustav može posluživati strojeve bez zastoja.

Ovaj sustav uključuje velike promjene u sustavu dostave materijala strojevima Bobst 160S 1, 2, Martin 924, te novom stroju Bobst FFG 924 FP. Time se smanjuje broj viličara i štedi novac. Transport materijala nakon obrade na tim strojevima bi ostao jednak trenutnom stanju jer bi promjena tog dijela transporta na konvejerski sustav implicirala implementaciju nekakvog poluautomatskog ili automatskog sustava za skladištenja, što bi znatno povećalo investiciju. Tablica 20. prikazuje komponente opisanog koncepta.

Tablica 20. Komponente koncepta 1 – transport trakastim konvejerom

Koncept 1					
	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Ukupno
Pripadajući stroj	Bobst 160S 1	Martin 924	Bobst 160S 3	Bobst FFG 924 FP	
Broj trakastih konvejera	21	15	16	3	55
Površina trakastih konvejera	126 m ²	90 m ²	96 m ²	18 m ²	330 m ²
Broj valjkastih konvejera	1	1	2	0	4
Maksimalne dimenzije sustava (m)	4,2 x 30	4,2 x 24	9 x 21	2 x 9	30 x 33
Broj tračnih vozila	1 (zajedničko)				1
Broj viličara	1				1

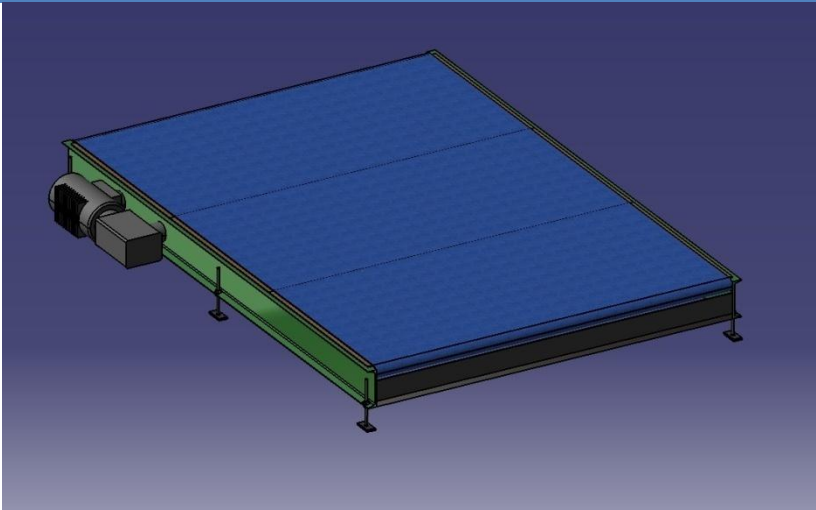
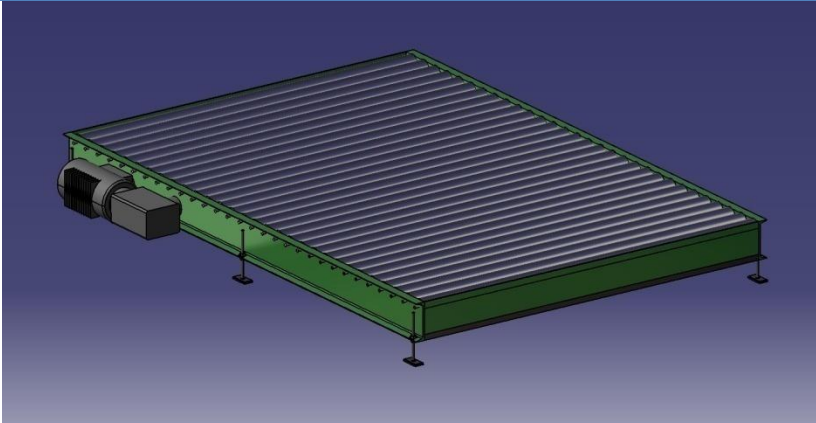
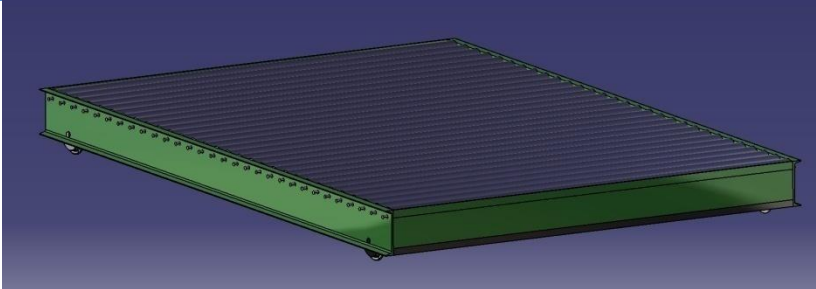
¹⁶ Teoretski kapacitet strojeva Bobst 160S 1 i 2, Martin 924, Bobst FFG 924 FP je 40 000 komada na sat.

Tablica 21. Investicijski i eksploatacijski troškovi koncepta 1

Koncept 1			
	Sustav konvejera	Viličar	Ukupno
Investicijski troškovi	7 200 000 kn	187 000 kn	7 387 000 kn
Troškovi eksploatacije (godišnji)	870 000 kn	225 000 kn	1 095 000 kn

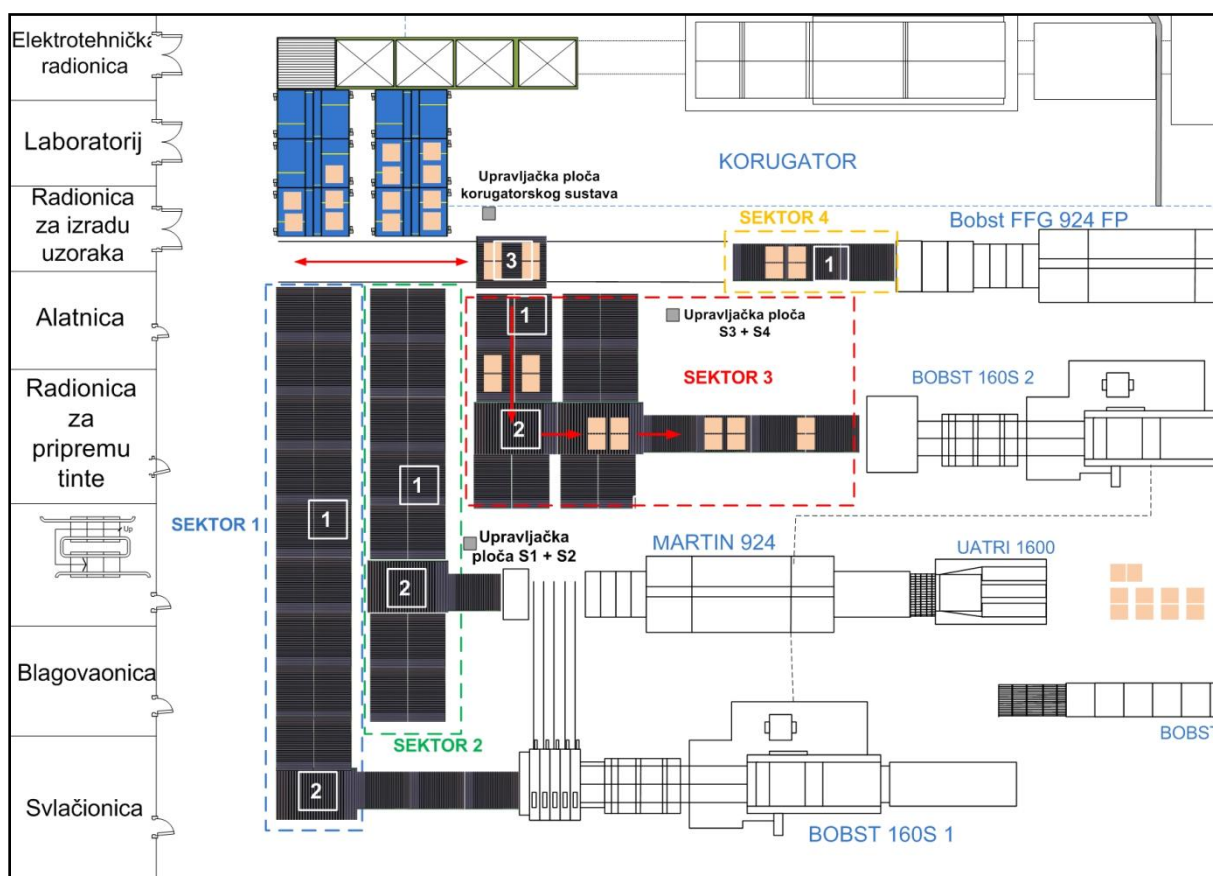
Tablica 21. prikazuje vrijednosti koje su izračunate prema podacima iz poglavlja 5.3 i predstavljaju dobru aproksimaciju cijene sustava zamišljenog u konceptu 1. Vidljiva je značajna razlika u godišnjim troškovima trenutnog stanja i novog sustava. Trenutno se troši **2 457 600 kn** godišnje, a novi transportni sustav bi imao godišnje troškove od **1 095 000 kn**, što je **1 362 600 kn** manje. S tom uštedom, **početna investicija od nešto više od 7 milijuna kuna bi se isplatila nakon 5,3 godina**. Tablica 22. prikazuje komponente koje se koriste u konceptu 1.

Tablica 22. Prikaz komponenti transportnog sustava koncepta 1

Koncept 1		
Komponenta	Količina	CAD model komponente
Trakasti konvejer	55	
Valjkasti konvejer za promjenu smjera gibanja	4	
Tračno vozilo	1	

6.2. Koncept s valjkastim konvejerima

Ovaj koncept je vrlo sličan prethodnome u pogledu dimenzija, broja komponenti i korištenja viličara na izlaznoj strani strojeva. Umjesto trakastih konvejera koristili bi se valjkasti, točnije dva tipa valjkastih konvejera. Za zamjenu trakastih konvejera koristi li bi se najjednostavniji valjkasti konvejeri bez podiznog lančanog sustava, dok bi se za promjenu smjera toka materijala koristili isti kao i u konceptu 1, dakle valjkasti konvejeri s podiznim lančanim sustavom. Slika 74. prikazuje tlocrt koncepta 2. Trakasti konvejeri su zamijenjeni valjkastima (1), valjkasti konvejeri za promjenu smjera toka materijala su ostali isti (2), i tračno vozilo ostaje isto (3).



Slika 74. Koncept 2

Sustav bi također morao biti sastavljen od segmenata da bi se omogućila fleksibilnost u pomicanju materijala koji se transportira. Koristili bi se valjkasti konvejeri s elektromotorima iste snage kao i kod trakastih, dakle 2 kW. Glavna razlika između trakastih i valjkastih konvejera je da valjkasti konvejeri mogu transportirati ploče valovite ljepenke i palete, dok trakasti konvejeri nisu predviđeni za transport paleta.

Budući da nema potrebe za paletizacijom ploča valovite ljepenke nakon izlaza iz korugatora, mogućnost transporta paleta nije presudna, ali je prednost ako se takva potreba pojavi kroz neko vrijeme. Odluka u korist nabave valjkastih konvejera se može opravdati većom izdržljivošću i dugotrajnošću u odnosu na trakaste konvejere. Zbog tih karakteristika valjkasti konvejeri su skuplji, što bi povećalo početnu investiciju, a eksploatacijski troškovi bi ostali isti. Tablica 23. prikazuje komponente koncepta 2.

Tablica 23. Komponente koncepta 2

Koncept 2					
	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4	Ukupno
Pripadajući stroj	Bobst 160S 1	Martin 924	Bobst 160S 3	Bobst FFG 924 FP	
Broj valjkastih konvejera	21	15	16	3	55
Površina valjkastih konvejera	120 m ²	90 m ²	96 m ²	18 m ²	330 m ²
Broj valjkastih konvejera za promjenu smjera	1	1	2	0	4
Maksimalne dimenzije sustava (m)	4,2 x 30	4,2 x 24	9 x 21	2 x 9	30 x 33
Broj tračnih vozila	1 (zajedničko)				1
Broj viličara	1				1

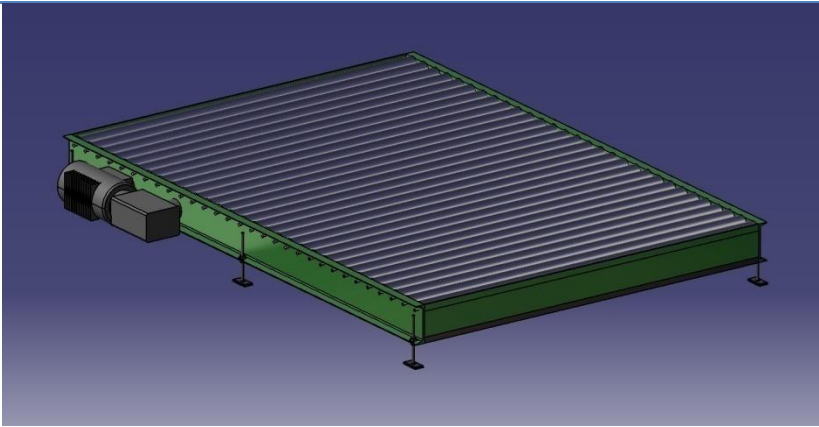
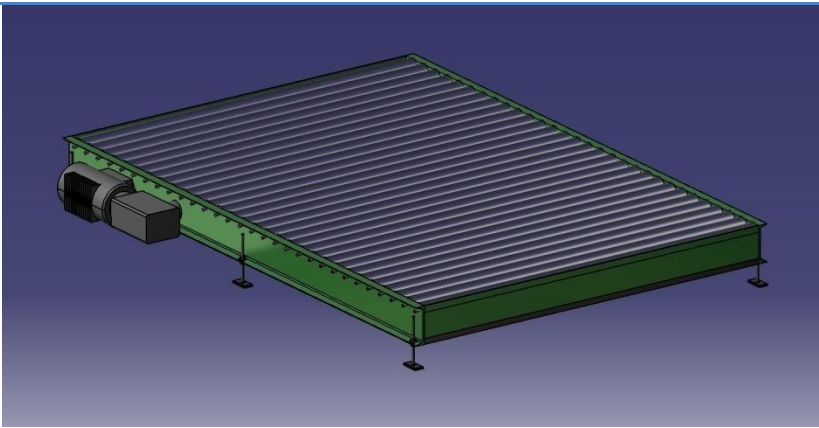
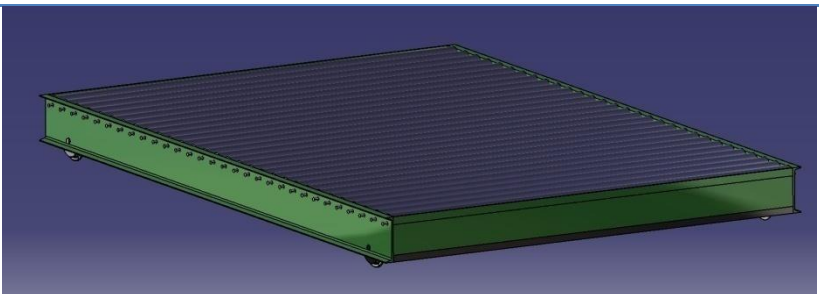
Tablica 24. prikazuje predviđanje troškova koncepta 2.

Tablica 24. Investicijski i eksploatacijski troškovi koncepta 2

Koncept 1			
	Sustav konvejera	Viličar	Ukupno
Investicijski troškovi	8 000 000 kn	187 000 kn	8 187 000 kn
Troškovi eksploatacije (godišnji)	870 000 kn	225 000 kn	1 095 000 kn

Tablica 25. prikazuje CAD modele komponenti koje se koriste u konceptu 2.

Tablica 25. Prikaz komponenti transportnog sustava koncepta 2

Koncept 2		
Komponenta	Količina	CAD model komponente
Valjkasti konvejer	55	
Valjkasti konvejer za promjenu smjera gibanja	4	
Tračno vozilo	1	

6.3. Smanjenje troškova eksploatacije konvejskih sustava [13]

6.3.1. Troškovi

Kod instalacije konvejskih sustava posebno je potrebno voditi računa o uštedi. Kod sustava s velikim brojem komponenti, kao što je i ovdje slučaj, investicijski troškovi mogu biti veliki i ponekad otežavaju povratak uložених sredstava. S druge strane, veliki broj komponenti predstavlja veliki potencijal za uštede. Tablica 26. pokazuje grupe troškova.

Tablica 26. Podjela troškova

	Varijabilni troškovi	Fiksni troškovi
Direktni troškovi	<ul style="list-style-type: none"> • Sirovine, materijali vezani uz proizvod, komponente • Rad • Vanjski izvođači i dobavljači 	<ul style="list-style-type: none"> • Amortizacije i osiguranja • Marketinški i distribucijski troškovi • Ostali troškovi
Indirektni troškovi	<ul style="list-style-type: none"> • Potrošnja energije • Troškovi radionica • Razni potrošni materijal 	<ul style="list-style-type: none"> • Investicije • Opći troškovi (razvoj, revizije, računovodstvo, itd.)

Prvi korak kod smanjenja troškova je pretvaranje fiksnih troškova u varijabilne, odnosno dopuštati samo funkcije koje su nužne za proizvodnju, što se postiže mijenjanjem operacijskih postupanja (modova). Isto tako, poželjno je varijabilne direktne troškove pretvoriti u varijabilne indirektnе, što se postiže unajmljivanjem vanjskih izvođača i smanjivanje suvišnih troškova.

Potrebno je analizirati operacijski mod konvejera i time ustanoviti potencijalna mjesta za uštede. Za bilo koji vrstu konvejera mogu se definirati četiri vrste operacijskih modova:

- **Rad u proizvodnji** – konvejeri pomiču teret
- **Pripravnost** – konvejeri su u pogonu dok čekaju teret, gubi se energija
- **Zaustavljeno** – mod kod prestanka proizvodnje (zastoj, kvar), sustav je u sigurnosnom modu, ali i dalje spojen na napajanje

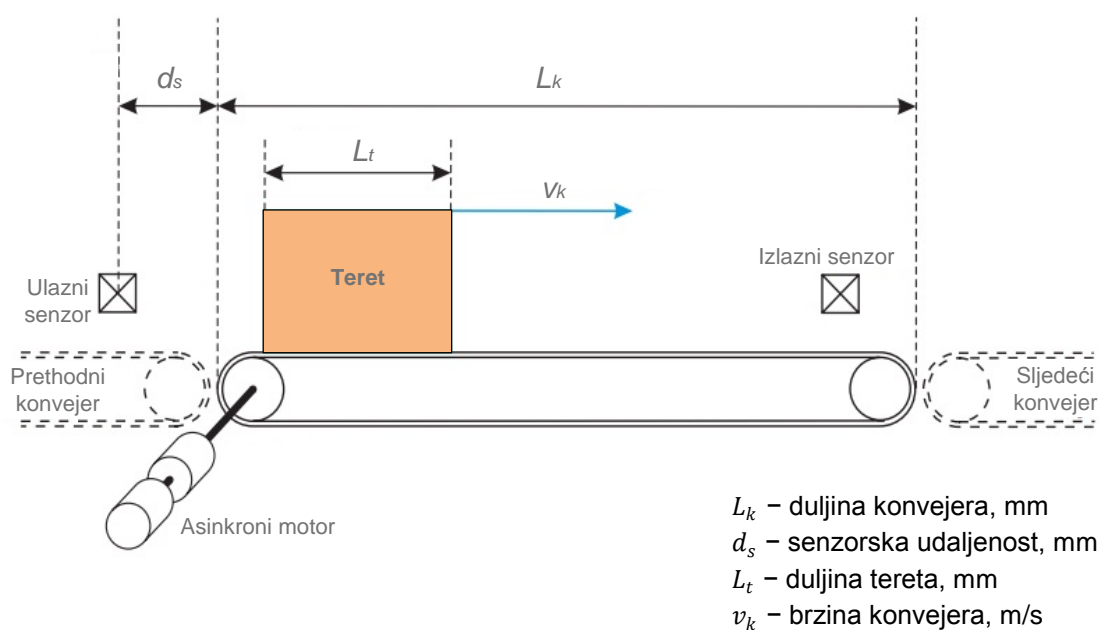
- **Isključeno** – sustav je potpuno isključen (održavanje, napajanje isključeno).

Ciljevi koji se postavljaju za postizanje ušteda kod eksploatacije konvejskih sustava su sljedeći:

- **Pretvorba fiksnih direktnih troškova u varijabilne direktne troškove**
- **Smanjivanje fiksnih varijabilnih troškova**
- **Smanjivanje fiksnih indirektnih troškova.**

6.3.2. Operacijska analiza

Prvi korak optimizacije energetske efikasnosti jest određivanje ograničenja u radu konvejera. Koncepti zamišljeni u poglavljima 6.1. i 6.2. predstavljaju sustave sastavljene od velikog broja konvejera koji su serijski spojeni što implicira određene postavke. Slika 75. prikazuje shematski prikaz serijskog spoja konvejera. Na slici je prikazan konvejer pokretan asinkronim motorom u radu sa prethodnim i sljedećim konvejerima u serijskom spoju. Ulazni i izlazni senzori detektiraju teret.



Slika 75. Promatrani konvejer

Brzina svih konvejera uključenih u transport mora biti jednaka, što znači da u svakom trenutku barem dva konvejerska segmenta moraju biti u pogonu. Ulazni senzor promatranog konvejera detektira teret što uključuje pogon konvejera, a izlazni senzor uključuje pogon sljedećeg segmenta konvejera. Zbog toga senzorska udaljenost mora biti manja od duljine tereta:

$$d_s < L_t \quad (2).$$

Isto tako, senzorska udaljenost mora biti veća ili jednaka putu pokretanja konvejera:

$$d_s \geq v_k \cdot t_s \quad (3).$$

pri čemu je t_s vrijeme potrebno za pokretanje konvejera od mirovanja do postizanja radne brzine. Dobiva se sljedeći izraz:

$$v_k \cdot t_s \leq d_s < L_t \quad (4).$$

Drugim riječima, put potreban za pokretanje konvejera mora manji ili jednak senzorskoj udaljenosti, koja mora biti manja od duljine tereta.

U sljedećem koraku se određuje da li je bolje da konvejer radi i bez tereta ili je bolje zaustavljati i pokretati konvejer po potrebi. Slika 76. prikazuje P-t dijagram potrošnje energije u raznim operacijskim fazama konvejera.

Veličine u dijagramu jesu:

t_2 - vrijeme između dva tereta, [s]

t_r - vrijeme rada konvejera, [s]

t_t - vrijeme transporta tereta, [s]

t_s - vrijeme pokretanja konvejera, [s]

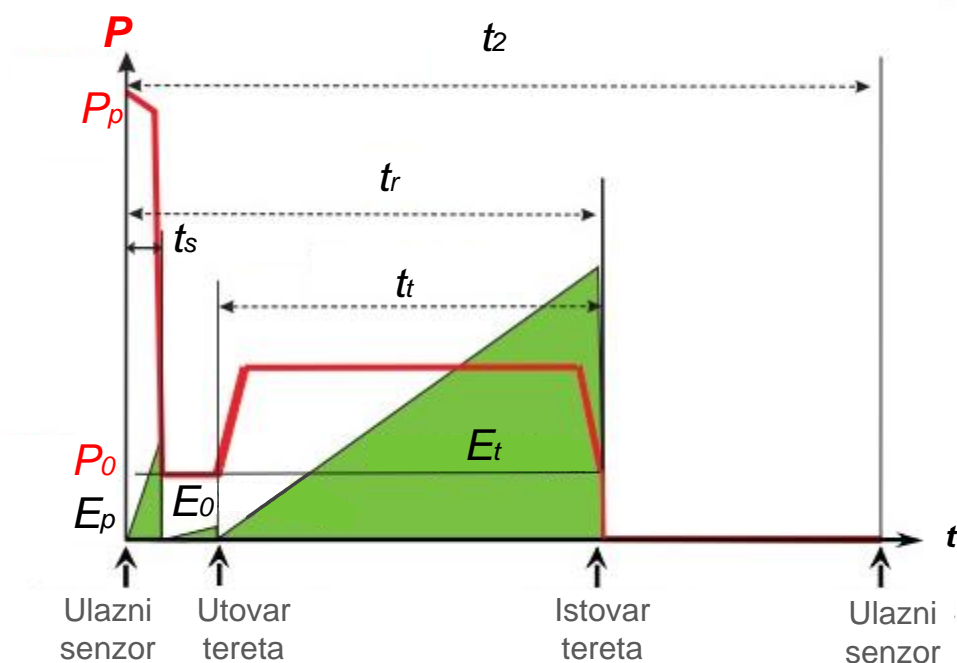
P_p - snaga pokretanja konvejera, [kW]

P_0 - snaga neopterećenog konvejera, [kW]

E_p - energija pokretanja, [kWh]

E_0 - energija za pokretanje neopterećenog konvejera, [kWh]

E_t - energija transporta tereta, [kWh].



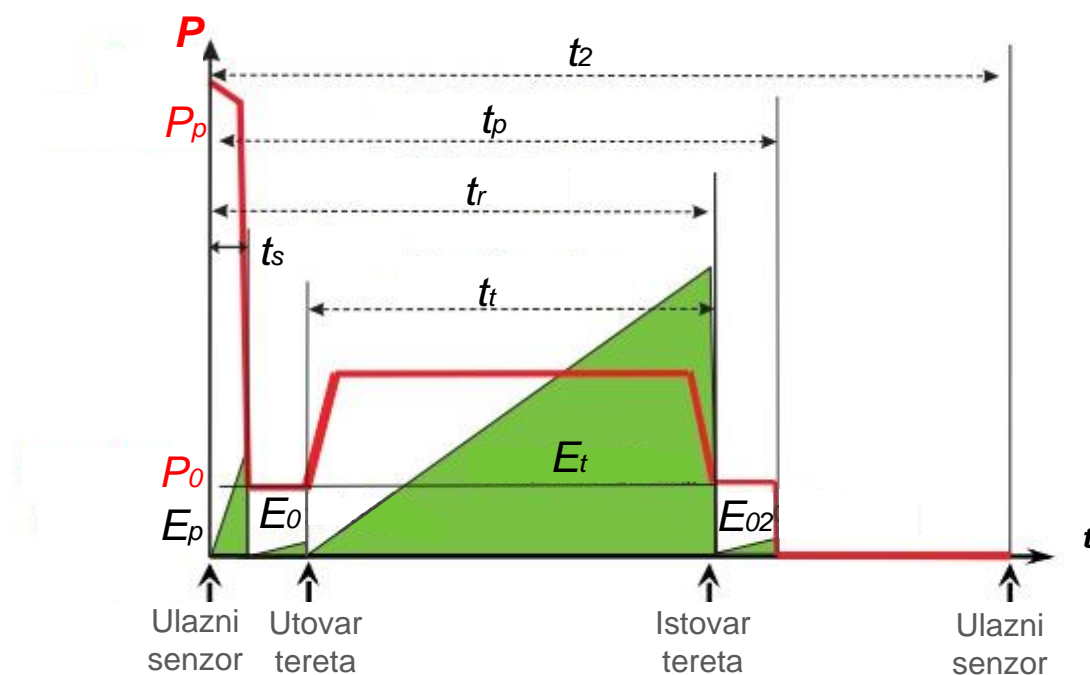
Slika 76. Dijagram potrošnje energije

U prikazanom načinu rada (modu) konvejer se pali kad ulazni senzor detektira teret i radi neopterećen kratko vrijeme prije dolaska tereta. Nakon što teret prijeđe na sljedeći konvejer, promatrani konvejer se gasi.

Dovoljan uvjet za gašenje konvejera nakon istovara je sljedeći:

$$P_0 > \frac{P_s \cdot t_s}{t_2 - t_r} \quad (5).$$

Zbog mehaničkih ograničenja ili orijentacije i veličine tereta, neke situacije zahtijevaju dulji rad konvejera da bi se osigurao siguran prebačaj. Zbog toga se u nekim slučajevima produljuje vrijeme rada konvejera t_r odgodom gašenja nakon što izlazni senzor detektira teret. Slika 77. prikazuje dijagram potrošne energije sa produljenjem rada. Veličina t_p je vrijeme rada konvejera s odgodom zaustavljanja, a E_{02} je energija neopterećenog rada konvejera nakon istovara.



Slika 77. Dijagram potrošnje energije s odgodom isključivanja

Uvjet za gašenje konvejera s prethodne stranice sada postaje:

$$P_0 > \frac{P_s \cdot t_s}{t_2 - t_p} \quad (6).$$

Vrijeme odgode isključivanja se može izračunati prema duljini tereta i položaju izlaznog senzora. Moguće je odabrati vrijeme odgode ako se u obzir uzme ujednačenost tereta. S tom pretpostavkom dobivamo sljedeći izraz:

$$t_p > t_r + \frac{L_t}{2 \cdot v_k} \quad (7).$$

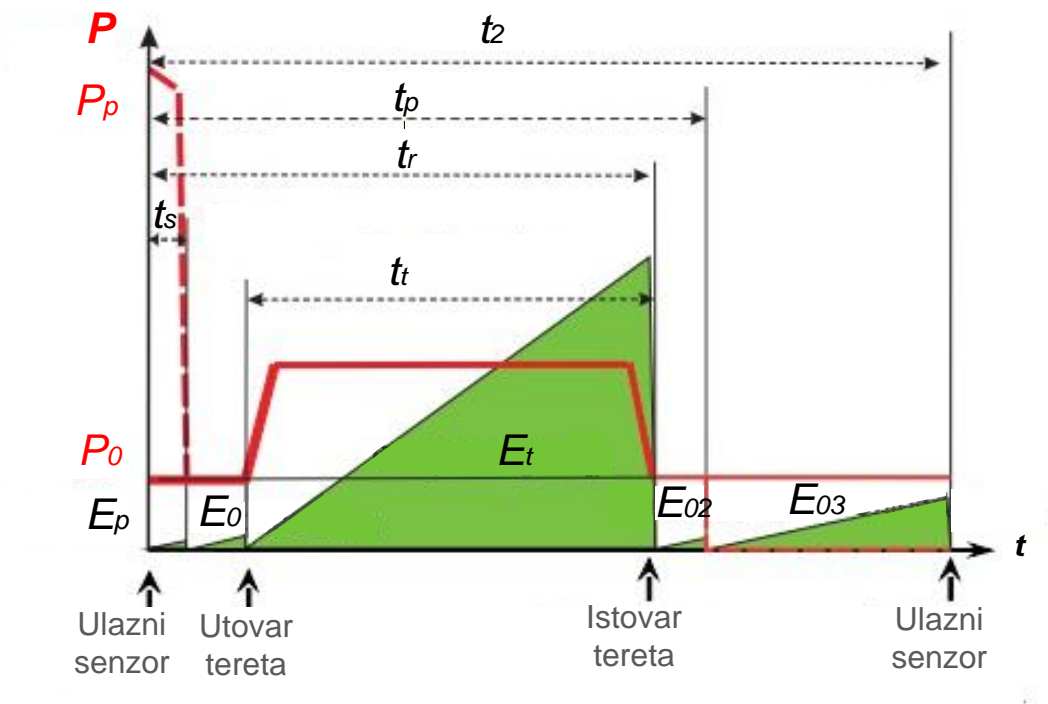
Posljednja provjera ovog operacijskog moda se vrši sljedećim izrazom:

$$t_2 > t_r + \frac{t_2}{2 \cdot v_k} + \frac{E_p}{P_0} \quad (8).$$

Samo ako je ovaj uvjet zadovoljen (8) će novi operacijski mod stvarati uštedu energije bez smanjivanja performansi konvejera. Ako ovaj uvjet nije zadovoljen, preporuča se kontinuirani rad konvejera. Potrošnja energije je dana sljedećim izrazom:

$$E = E_p + E_t + E_0 + E_{02} \quad (9).$$

Ušteda energije odgovara razlici energija kontinuiranog rada konvejera i prekidnog rada konvejera. Prekidni rad je prikazan prethodnim dijagramom. Slika 78. prikazuje dijagram kontinuiranog operacijskog moda.



Slika 78. Dijagram potrošnje energije za kontinuirani mod

Potrošnja energije u kontinuiranom modu je:

$$E = E_p + E_t + E_0 + E_{02} + E_{03} \quad (10).$$

Prema tome ušteda energije je dana sljedećim izrazom:

$$E_u = P_0 \cdot (t_s + t_2 - t_p) - P_p \cdot t_s \quad (11).$$

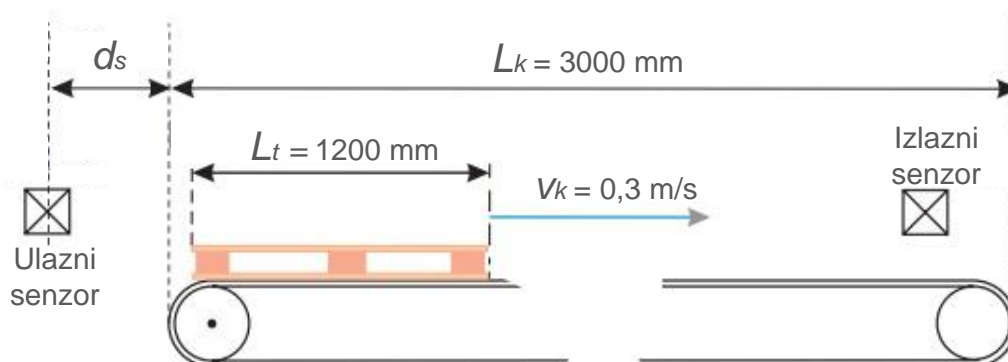
6.3.3. Primjer izračuna uštede

Tablica 27. prikazuje podatke asinkronog motora koji će se koristiti za izračun ušteda.

Tablica 27. Parametri motora

Asinkroni motor P = 2 kW	
Snaga	2 kW
Frekvencija	50 Hz
Maksimalni broj okretaja	1450 minuta ⁻¹
Nominalna voltaža	230 V
Struja punog opterećenja	5,74 A
Struja pokretanja	43 A
Struja bez opterećenja	3,74 A
Stupanj iskoristivosti	0,852
Masa	23,7 kg
$\cos\varphi$	0,77

Za potrebe izračuna uzet će se podaci o sustavu iz koncepta 2, poglavlje 6.2. Radi se o sustavu sa 60 komponenti koji rade u prosjeku 4500 sati godišnje. Slika 79. prikazuje karakteristike promatranog konvejera.



Slika 79. Karakteristike promatranog konvejera

Iz izraza (4) može se odrediti odgovarajuća senzorska udaljenost d_s . Pretpostavit će se da je vrijeme pokretanja konvejera $t_s = 0,1 \text{ s}$, iz čega slijedi nejednadžba:

$$300\text{mm/s} \cdot 0,1 \text{ s} \leq d_s < 1200 \text{ mm}$$

Dakle, senzorska udaljenost može biti od 30 do 1200 mm, pa se odabire vrijednost $d_s = 100 \text{ mm}$.

Put koji teret prođe je zbrojena duljina konvejera i senzorske udaljenosti:

$$d_t = L_k + d_s = 3000 + 100 = 3100 \text{ mm}$$

Prema tome, vrijeme potrebno da teret, odnosno stog kartonskih ploča prođe izračunatu udaljenost je (radno vrijeme):

$$t_r = \frac{d_t}{v_k} = \frac{3100}{300} = 10,33 \text{ s}$$

Ako se transportira po jedan komad tereta, mora se poštivati razmak između dva tereta, koji se dobiva sljedećim izrazom:

$$t_p > t_r + \frac{L_t}{2 \cdot v_k}$$

$$t_p > 10,33 + \frac{1200}{2 \cdot 300}$$

$$t_p > 12,33 \text{ s}$$

Izraz za izračun uštede energije je:

$$E_u = P_0 \cdot (t_p - t_r) = 2000\text{W} \cdot 2\text{s} = \mathbf{1,1Wh}.$$

Ako se u obzir uzme sustav od 60 konvejera, gdje svaki transportira 100 komada tereta na sat, odnosno 450 000¹⁷ komada tereta godišnje, dobiva se godišnja ušteda energije:

$$E_{ugod} = 1,1 \text{ Wh} \cdot 60 \cdot 450\,000h = \mathbf{29\,700 \text{ kWh}}.$$

Dakle, pravilnim podešavanjem operacijskog moda može se proizvesti znatna ušteda. Godišnje konvejski sustav troši oko 462 000 kWh, a može se uštedjeti i do 29 700 kWh, što je ušteda od 6,4%, odnosno oko 17 200 kn.

¹⁷ Broj komada tereta uzimajući u obzir 4500 radnih sati godišnje

7. ZAKLJUČAK

Valovita ljepenka je, zahvaljujući dobrim svojstvima, jedan od najzastupljenijih ambalažnih materijala danas. Proizvode se razne vrste ljepenke s različitim brojem slojeva i dimenzijama valova ovisno o namjeni. Raznolikost i lakoća rukovanja su karakteristike zaslužne za široku upotrebu valovite ljepenke. Valovita ljepenka se najčešće koristi za proizvodnju transportne ambalaže, ali velikim dijelom i kao prodajna ambalaža, sve u velikim proizvodnim količinama. U posljednjih 30-ak godina došlo je do velikog napretka u proizvodnji ljepenke koji je omogućio tiskanje oznaka, tako da danas gotovo i nema valovite ljepenke bez jednobojnog ili višebojnog tiska.

Za proizvodnju valovite ljepenke je potreban korugator, a za daljnju preradu ploča valovite ljepenke potrebno je koristiti strojeve koji je režu, presavijaju, slažu i tiskaju oznake. Ti strojevi čine vrlo dinamičan proizvodni sustav. Detaljno je prikazana tvrtka Valoviti papir Dunapack d.o.o. - jedno od vodećih poduzeća za proizvodnju i preradu valovite ljepenke u Hrvatskoj te je zbog toga odličan primjer proizvodnog procesa u kojem se koriste specijalizirani strojevi i proizvode velike količine proizvoda. Kad se uzmu u obzir dinamičnost procesa, broj zaposlenika i broj strojeva koji se nalaze u pogonu, te se još pribroje i viličari koji su u konstantnom gibanju, dobiva se zanimljiv proizvodni sustav s mnogo potencijala za unapređenje.

Pretpostavka rada je bila da su viličari preskupi za korištenje te da je bolje koristiti neki drugi transportni sustav za ovakav proizvodni sustav. Ta pretpostavka je u radu i dokazana te je postalo vidljivo da je cijena eksploatacije viličara mnogo veća od cijene eksploatacije konvejskog sustava. Nedostatak konvejskog sustava je velika početna investicija, što se danas pokazuje kao veliki problem uz trenutnu ekonomsku situaciju i nesigurnost na tržištu. Jedino rješenje koje omogućuje opstanak na tržištu je neprekidno unapređivanje proizvodnog sustava i procesa uz povećanje kvalitete proizvoda. Ustanovljena je i velika razlika u kapacitetima korugatora i ostalih strojeva pa je predložena nabava novog proizvodnog stroja koji upotpunjava proizvodne kapacitete. Trenutna situacija stvara potencijal za dobru iskoristivost novog stroja, a konfiguracija tvornice omogućava instalaciju takvog stroja bez potrebe za većim promjenama i modifikacijama tvornice.

Prvi korak u unapređivanju proizvodnog sustava i procesa je smanjivanje troškova gdje god je to moguće. Zbog toga je za analizu odabran transportni sustav, jer je sam transport smatran troškom koji ne dodaje vrijednost proizvodu. Logično je modificirati ili promijeniti transportni sustav i time smanjiti troškove koliko je moguće.

Analizirano je trenutno stanje transportnih sredstava i prikazani troškovi korištenja takvog sustava.

Predloženi su koncepti novog transportnog sustava koji bi zamijenio trenutna transportna sredstva (viličare). Koncepti su izrađeni tako da uključuju novopredloženi stroj, tako da predstavljaju kompletna rješenja za unapređenje proizvodnog procesa.

Pokazalo se da bi novi, konvejski sustav bio znatno jeftiniji za upotrebu, što bi vratilo početnu investiciju za nekoliko godina. Korištenje trenutnih transportnih sredstava ima cijenu od **2,5 milijuna** kuna godišnje, dok bi novi za novi transportni sustav bilo dovoljno **1,1 milijuna** kuna, što je više nego upola manje. Godišnje se može stvoriti razlika do **1,4 milijuna** kuna troškova što bi vratilo investiciju od **8 milijuna** kuna u **5,7** godina. Pokazano je da se podešavanjem operacijskih modova konvejera može stvoriti razlika u cijeni eksploatacije od 5 do 10 %, ovisno o veličini i vrsti sustava. U slučaju koncepta 1 i 2 ta razlika je **6,4 %**, što pri trenutnoj cijeni električne energije iznosi **17 200 kn**. Isto tako, korištenje novog stroja bi rasteretilo postojeće strojeve i smanjilo količinu materijala u međuoperacijskom prostoru koji je, uz trenutna transportna sredstva, uvijek pun materijala koji čeka na daljnju obradu. Prema tome, novi transportni sustav bi prvenstveno imao funkciju transporta materijala do proizvodnih strojeva, a manje funkciju skladištenja kao što je trenutno slučaj u međuoperacijskom prostoru.

Bez obzira na očite koristi, teško je krenuti u takvu investiciju jer se tu radi o iznosima od nekoliko milijuna kuna ili više, a i uvođenje takvog sustava bi u najboljem slučaju smanjilo proizvodnju na dulje vrijeme, što kratkoročno znači gubitak nekih poslova. Moguće je da bi se proizvodnja i zaustavila što bi mogli imati i dugoročne posljedice, kao što je gubitak stalnih kupaca.

Teško je predvidjeti što bi se dogodilo prilikom instalacije takvog sustava, ali sa sigurnošću se može tvrditi da bi konvejni sustav bio superioran viličarima u pogledu organizacije i preciznosti transporta, i naravno mnogo jeftiniji za upotrebu.

Sljedeći korak u unapređivanju proizvodnog sustava bi bio nabava i instalacija automatiziranog skladišnog sustava, kao i transportnog sustava koji bi transportirao gotove proizvode od proizvodnih strojeva do skladišta finalnih proizvoda. Isto tako, može se razmotriti mogućnost proširenja tvornice i čime bi se povećali kapaciteti i pojačao utjecaj na tržištu susjednih zemalja.

8. LITERATURA

- [1] Nataša Stipanelov Vrandečić, *Ambalaža – materijali za predavanje*, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split, 2010.
- [2] Europska federacija proizvođača valovite ljepenke, <http://www.fefco.org/>, pristupljeno 2012-09-14
- [3] Tvornica valovite ljepenke i ambalaže, www.dunapack.hr, pristupljeno 2012-08-03
- [4] Tehnička dokumentacija tvrtke Dunapack d.o.o.
- [5] Tvornica valovite ljepenke, www.modelgroup.com, pristupljeno 2012-08-08
- [6] Tvornica valovite ljepenke, www.bilokalnik.hr/, pristupljeno 2012-08-08.
- [7] Tvornica valovite ljepenke, www.belisce.hr, pristupljeno 2012-08-08
- [8] Tvornica valovite ljepenke, www.pan-paper.hr, pristupljeno 2012-08-08
- [9] B. Vranješ, Projektiranje proizvodnih sustava - vježba 03, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009
- [10] Polugodišnji izvještaj tvrtke Bilokalnik-IPA za period 01-2009 do 06-2009, <http://tinyurl.com/cxrg6ez>, pristupljeno 2012-09-16
- [11] Godišnje izvješće tvrtke Belišće d.d., <http://tinyurl.com/b4ynllc>, pristupljeno 2012-09-16
- [12] Popis poreznih dužnika, <http://duznici.porezna-uprava.hr/po/svi/1.html>, pristupljeno 2012-09-16
- [13] Daniel Clenet, *Optimising energy efficiency of conveyors*, <http://tinyurl.com/cwrc57u>, Schneider Electric, 2010.
- [14] Proizvođač korugatora i pripadajuće opreme BHS, www.bhs-corrugated.nl/, pristupljeno 2012-10-10
- [15] Proizvođač transportnih sredstava za industriju valovitog kartona Minda, www.minda.de, pristupljeno 2012-10-11
- [16] W. Soroka, *Fundamentals of Packaging Technology*, IoPPress, IV. izdanje, 2009